

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME ÉXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN GÉNIE INDUSTRIEL

PAR  
EL HADJ MATAR GUEYE

ÉLABORATION D'UN MODÈLE D'ÉVALUATION DES IMPACTS  
SOCIOÉCONOMIQUES D'UN SITE MINIER SELON UNE VISION DE  
DÉVELOPPEMENT DURABLE

JUIN 2018

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

Ce mémoire a été dirigé par :

M. Adel Badri, Ph.D

Directeur de recherche

Département de génie industriel

Université du Québec à Trois Rivières  
(UQTR)

M. Bryan Boudreau-Trudel, Ph.D

Codirecteur de recherche

Département des sciences de la gestion

Université du Québec en Abitibi-  
Témiscamingue (UQAT)

Jury d'évaluation du mémoire :

Adel Badri, Ph.D., directeur

Jean-François Audy, Ph.D., membre interne

Barthélemy H. Ateme-Nguema, Ph.D., membre externe



### **Dédicace**

À ma famille, mes amis

### **Remerciements**

La réalisation de ce travail de recherche n'aurait pas été possible sans l'appui  
de plusieurs personnes.

Je tiens d'abord à remercier le professeur Adel Badri, directeur de recherche,  
pour avoir accepté de m'encadrer dans ce projet de recherche et m'avoir  
permis d'élargir mon champ de connaissances.

Je remercie aussi le professeur Bryan Boudreau-Trudel, codirecteur de  
recherche, pour son temps, ses conseils et commentaires constructifs. Son  
pragmatisme m'a été profitable.

Je désire aussi remercier ma famille et mes amis pour leurs encouragements.

## RÉSUMÉ

Malgré ses retombées économiques, la réputation du secteur minier québécois a été altérée par plusieurs facteurs et événements dramatiques. Cette situation a déclenché la mobilisation de plusieurs acteurs en vue d'assurer une transition des sites miniers vers le développement durable (DD).

Dans ce cadre, ce mémoire de maîtrise vient participer à ces efforts à travers la proposition d'un modèle théorique d'évaluation de l'impact socioéconomique de sites miniers au Québec. Cependant, l'efficacité des évaluations des impacts socioéconomiques est affectée par plusieurs facteurs. Ces facteurs sont principalement l'inadéquation des critères et des indicateurs de DD utilisés et la limite des méthodes actuelles à contrôler la subjectivité présente dans les jugements des experts. À ces éléments s'ajoutent les contraintes liées aux lois et normes encadrant les activités minières.

Ce travail de recherche est réalisé en suivant deux objectifs. Le premier consiste à déterminer les critères et indicateurs de DD pertinents liés aux impacts des sites miniers québécois. Ces critères et indicateurs sont orientés vers les dimensions économique et sociale du DD. Le deuxième objectif est de proposer un modèle de calcul, permettant de remédier, en partie, aux problèmes des outils d'évaluation d'impacts recensés dans la littérature. S'inspirant d'une méthode existante, ce modèle de calcul représente l'assise d'un futur outil d'évaluation des impacts socioéconomiques dédié aux sites miniers.

La méthodologie adoptée pour atteindre ces objectifs s'articule autour de trois éléments. Premièrement, une revue de la littérature est réalisée afin de recenser les impacts socioéconomiques des activités minières dans le contexte québécois, les critères et indicateurs de DD utilisés lors des évaluations et enfin les outils d'évaluation de ces impacts actuellement utilisés. Deuxièmement, une identification des critères et indicateurs de DD pertinents est réalisée grâce à une correspondance entre les impacts, les critères et les indicateurs de DD identifiés dans la littérature. Le troisième élément de la méthodologie est consacré à l'élaboration du modèle d'évaluation des impacts.

Ce modèle s'appuie sur la combinaison de deux méthodes d'analyse multicritères que sont le *Analytic Hierarchy Process* (AHP) et le *Fuzzy Integrated Judgement* (FIJ).

Une simulation du modèle réalisé avec l'outil Excel a permis de confirmer que le modèle peut prendre en charge la subjectivité présente dans les jugements des experts. En plus de réduire la subjectivité, le modèle semble donner une vision globale du niveau de performance atteint par un site minier durant sa transition vers le DD. Une analyse de sensibilité propose de sonder la robustesse du modèle ainsi que sa flexibilité par rapport à l'évaluation réalisée.

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	V
TABLE DES MATIÈRES .....	VII
LISTE DES FIGURES.....	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	X
LISTE DES ANNEXES.....	XI
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	XII
AVANT-PROPOS .....	XIV
INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	1
CHAPITRE 1. REVUE DE LA LITTÉRATURE .....	3
1.1 Le développement durable .....	3
1.1.1 Généralités .....	3
1.1.2 L'industrie minière et le développement durable au Canada .....	6
1.2 Législation et normes propres au secteur minier au Québec .....	7
1.2.1 La loi sur les mines .....	8
1.2.2 La certification en développement durable en exploration minière. ....	9
1.2.3 Les organismes inter juridictionnels .....	9
1.3 Impacts de l'industrie minière du Québec selon une vision de développement durable.....	10
1.3.1 La dimension économique.....	10
1.3.2 La dimension sociale.....	12
1.3.3 La dimension environnementale .....	17
1.4 Guides et référentiels en DD pour les activités minières durables .....	20
1.4.1 Définitions de « critère » et « indicateur » .....	23
1.4.2 Résumé des critères et indicateurs sociaux et économiques de DD .....	24
1.5 Outils de mesure d'impacts sociaux et économiques dans l'industrie minière .....	29
CHAPITRE 2. PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE.....	43
2.1 Identification des éléments de la problématique.....	43
2.1.1 Limites des modèles d'évaluation des impacts socioéconomiques.....	44
2.1.2 Les problèmes d'utilisation des critères et indicateurs de DD .....	45
2.1.3 Les contraintes législatives et normatives .....	45



2.1.4	Conflits entre promoteurs miniers et communautés locales .....	46
2.2	Questions de recherche .....	46
2.3	Objectifs de recherche.....	47
CHAPITRE 3. MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE .....		48
3.1	Étapes de la méthodologie.....	48
3.2	Revue de la littérature.....	49
3.3	Identification des critères et indicateurs pertinents de DD.....	49
3.3.1	Relation entre les impacts socioéconomiques et les indicateurs de DD .....	50
3.3.2	Codification des critères et indicateurs retenus.....	50
3.4	Structure du modèle d'évaluation des impacts .....	51
3.4.1	Sélection et définition des critères et indicateurs de DD .....	52
3.4.2	Hierarchisation et pondération des critères et indicateurs de DD .....	60
3.4.3	Évaluation des impacts sociaux et économiques selon le DD .....	62
3.5	Simulation .....	67
CHAPITRE 4. RÉSULTATS, DISCUSSIONS ET LIMITES.....		68
4.1	Simulation du modèle .....	68
4.1.1	Définition et codification des critères et indicateurs de DD .....	68
4.1.2	Hierarchisation et pondération des critères et indicateurs de DD .....	68
4.1.3	Évaluation des impacts sociaux et économiques selon le DD .....	75
4.2	Discussions des résultats.....	84
4.3	Limites de la recherche et travaux futurs .....	86
CONCLUSION GÉNÉRALE .....		88
RÉFÉRENCES .....		89
ANNEXES .....		99

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Représentation des dimensions du développement durable .....	4
Figure 1.3 Fréquence combinée des accidents : secteur minier québécois .....	14
Figure 1.4 Structure hiérarchique du GRI .....	21
Figure 2.1 Éléments de la problématique.....	44
Figure 3.1 Étapes de la méthodologie de recherche .....	48
Figure 3.2 Identification des critères et indicateurs de DD (cas du Québec).....	51
Figure 3.3 Structure du modèle d'évaluation des impacts .....	52
Figure 3.4 Structure hiérarchique selon AHP .....	61
Figure 4.1 Hiérarchisation des critères et indicateurs pertinents, selon AHP .....	69
Figure 4.2 Détermination du jugement flou intégré par calcul matriciel.....	77
Figure 4.3 Niveau de performance par rapport aux critères de DD.....	79
Figure 4.4 Niveau de performance atteint par rapport aux dimensions de DD.....	80

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 Quelques impacts des sites miniers selon les dimensions du DD .....	19
Tableau 1.2 Critères et indicateurs économiques sélectionnés .....	25
Tableau 1.3 Critères et indicateurs sociaux sélectionnés .....	26
Tableau 1.4 Résumé des modèles d'évaluation d'impacts des activités minières.....	39
Tableau 3.1 Synthèse des critères et indicateurs socioéconomiques pertinents.....	54
Tableau 3.2 Échelle d'évaluation dans un environnement flou .....	66
Tableau 4.1 Valeur numérique et correspondance linguistique .....	70
Tableau 4.2 Comparaison par paires des critères .....	71
Tableau 4.3 Matrice de pondération des critères .....	73
Tableau 4.4 Poids des critères après normalisation .....	74
Tableau 4.5 Pondération des indicateurs de CRT1 .....	75
Tableau 4.6 Jugements flous sur les indicateurs économiques .....	76
Tableau 4.7 Poids des indicateurs selon les jugements flous des évaluateurs .....	76
Tableau 4.8 Résumé des jugements flous intégrés reliés aux critères .....	78
Tableau 4.9 Résultats de l'analyse de sensibilité des poids des indicateurs .....	82
Tableau 4.10 Influence de la variation des jugements (« Moyen » vers « Fort ») .....	83

## LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Indicateurs-relations avec les Autochtones et les collectivités.....	99
ANNEXE 2 : Critères et indicateurs de DD selon IRMA.....	100
ANNEXE 3 : Récapitulatif des critères et indicateurs selon l'ICMM.....	101
ANNEXE 4 : Définition des critères de DD retenus .....	103
ANNEXE 5 : Pondération des critères selon AHP .....	104
ANNEXE 6 : Poids des critères après normalisation .....	108
ANNEXE 7 : Détermination de l'indice de cohérence (IC) pour les critères .....	108
ANNEXE 8 : Pondération des indicateurs selon AHP .....	109
ANNEXE 9 : Poids des indicateurs après normalisation .....	109
ANNEXES 10 : Détermination de l'indice de cohérence (IC) pour les Indicateurs .....	110

## LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AGA : Accelerated Genetic Algorithm

AHP : Analytical Hierarchy Process

AMC : Association Minière du Canada

AMQ : Association Minière du Québec

APSM : Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur minier

BAPE : Bureau d'audience publique sur l'environnement

BNQ : Bureau de Normalisation du Québec

CIMM : Conseil International des Mines et Métaux

CNESST : Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail

CONSOREM : Consortium de Recherche en Exploration Minière

COREM : Consortium de recherche appliquée en traitement et transformation des substances minérales

CRSNG : Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

CRT : Critère

CSMO : Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines

DD : Développement Durable

DREAM : Développement Réention Emploi Autochtone Minier

ECN : Économie

FECM : Fond Esort Canadian Malartic

FIJ : Fuzzy Integrated Judgement

FRQNT : Fond de Recherche du Québec-Nature et technologies

GES : Gaz à effet de serre

GRI : Global Reporting Initiative

ICMM : International council on mining and metals

INMOA : Initiative nationale pour les mines orphelines ou abandonnées

INSPQ : Institut national de santé publique du Québec

IRIS : Institut de Recherche et d'Informations Socioéconomiques

IRMA: Initiative for Responsible Mining Association

ISQ : Institut de la statistique du Québec

MERN : Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles

MFFP : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

NEDEM : Neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier

ONG : Organisation non gouvernementale

PME : Petites et moyennes entreprises

QMM : Québec meilleure mine

RHIM : Ressources Humaines de l'Industrie Minière

RFID : Identification par radiofréquence

SOC : Social

SOREDEM : Société de recherche et développement minier

SST : Santé et sécurité au travail

UQAM : Université du Québec à Montréal

UQAT : Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

VDMD : Vers le Développement Minier Durable

## AVANT-PROPOS

Les activités minières au Québec créent plusieurs impacts socioéconomiques aussi bien positifs que négatifs. Ce travail de recherche contribue à la transition de l'industrie minière vers le développement durable en élaborant un modèle d'évaluation des impacts socioéconomiques d'un site minier adapté au contexte québécois.

Le projet de recherche est présenté sur quatre chapitres. En plus de cerner le sujet, les deux premiers chapitres permettent aussi de présenter l'état de l'art dans ce domaine et la piste de recherche choisie pour atteindre nos objectifs. Les deux derniers présentent la méthodologie et les résultats obtenus à travers une simulation du modèle élaboré.

Le mémoire est structuré ainsi dans un souci de préserver une suite logique dans les éléments présentés et de respecter les règles de rédaction établies par la communauté scientifique.

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'industrie minière du Québec contribue de manière significative au développement socioéconomique du pays à travers l'exportation des ressources minières, la création d'emploi, les développements technologiques, etc. Malgré cette contribution, la réputation du secteur minier québécois a été altérée par plusieurs facteurs et événements dramatiques (Rodon et Lévesque, 2015). Cette situation a déclenché la mobilisation de plusieurs acteurs en vue d'assurer une transition de cette industrie vers le DD.

La nécessité d'adopter une démarche, selon une vision de DD, s'explique par plusieurs éléments. Parmi ces éléments, réside l'obligation de respecter une réglementation de plus en plus contraignante vis-à-vis du DD. Selon l'Association Minière du Canada, « Les sociétés minières sont régies par plus de 100 lois, règlements et normes en matière environnementale, amenant un encadrement serré des activités en sol québécois » (AMQ, 2016). À ces éléments s'ajoute la résistance grandissante de la population à cause de ses impacts négatifs (Jenkins, 2004). Dans ce contexte, le projet de recherche proposé vient participer à ces efforts de transition vers le DD proposant un modèle théorique d'évaluation permettant de mesurer l'impact socioéconomique d'un site minier au Québec.

Les modèles d'évaluations d'impacts socioéconomiques actuels présentent des limites affectant ainsi la fiabilité des résultats. Parmi ces limites, on retrouve celles associées aux critères et indicateurs de DD utilisés lors des évaluations de ces impacts. Une inadéquation est notée entre les critères et indicateurs de DD utilisés et le contexte dans lequel se situe le site minier en question (Petrov et al., 2013). L'autre principale limite concerne les méthodes utilisées pour mesurer la performance d'un site minier en matière de DD. La maîtrise de la subjectivité présente dans les jugements des experts cause un problème majeur et un réel défi pour assurer une évaluation des impacts fiable. Malgré l'effort fourni dans les recherches précédentes, les méthodes de calcul actuellement utilisées peinent encore à réduire significativement cette subjectivité (Su et al., 2010). L'association de différents types d'indicateurs



(quantitatifs ou qualitatifs) n'est pas toujours prise en compte dans l'élaboration des modèles de calcul et ceci a pour conséquence de complexifier une intégration cohérente des divers indicateurs (Petrov et al., 2013).

En partant du contexte minier québécois, ce projet de recherche tente d'atteindre deux objectifs. Le premier consiste à identifier les différents impacts sociaux et économiques reliés aux activités minières. Cette identification permettra de déterminer les critères et indicateurs de DD pertinents pouvant être utilisés pour évaluer la performance d'une transition des sites miniers québécois vers le DD. Le deuxième objectif sera le développement d'un modèle d'évaluation d'impact basé sur l'étude des modèles actuellement utilisés. Ce modèle sera l'assise d'un outil d'évaluation des impacts permettant de remédier, en partie, aux limites identifiées dans les outils actuels.

La méthodologie adoptée pour atteindre ces objectifs s'articule autour de trois éléments. Premièrement, une revue de la littérature recense les impacts des activités minières dans le contexte québécois, les critères et indicateurs de DD utilisés lors des évaluations et enfin les outils d'évaluation des impacts actuellement utilisés. Deuxièmement, une identification des critères et indicateurs de DD pertinents est réalisée grâce à une correspondance entre les impacts et les indicateurs de DD identifiés dans la littérature. Le troisième élément de la méthodologie sera consacré à l'élaboration du modèle d'évaluation des impacts. Le modèle proposé s'appuie sur la combinaison de deux méthodes d'analyse multicritères que sont le *Analytic Hierarchy Process* (AHP) et le *Fuzzy Integrated Judgement* (FIJ). Finalement, une simulation du modèle réalisée avec l'outil Excel permet de mieux appréhender la prise en charge de la subjectivité présente dans les jugements des experts.

Ce modèle sera la base d'un futur outil d'aide à la décision qui soutiendra les promoteurs miniers québécois afin de mieux s'ajuster aux attentes des parties prenantes et de mieux contribuer à la réussite des implantations de futures exploitations minières.

## CHAPITRE 1. REVUE DE LA LITTÉRATURE

La revue de la littérature s'articule autour de cinq éléments. Premièrement, le concept de développement durable est présenté ainsi que le positionnement de l'industrie minière par rapport à ce dernier. La deuxième section s'intéresse à la législation et aux normes de DD applicables à l'industrie minière au Québec. Dans la troisième section, il est question de recenser les impacts des sites miniers dans le monde et au Québec selon les dimensions du DD. Ce recensement identifie des éléments qui ralentissent la transition de l'industrie minière québécoise vers le DD. En faisant le lien avec les impacts socioéconomiques des sites miniers, la quatrième section recense les critères et indicateurs de DD pertinents dans le contexte minier québécois. La dernière section présente et critique les outils d'évaluation d'impacts socioéconomiques de cette industrie. L'analyse de ces outils d'évaluation a pour but de mieux cerner leurs forces et faiblesses afin de proposer un modèle fiable et mieux adapté au contexte minier québécois.

### 1.1 Le développement durable

#### 1.1.1 Généralités

Selon la Loi québécoise sur le développement durable (DD) (*chapitre I, article 2*), le concept de DD est défini comme

« Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Le développement durable s'appuie sur une vision à long terme qui prend en compte le caractère indissociable des dimensions environnementale, sociale et économique des activités de développement ».

La figure 1.1 présente les trois dimensions avec leur chevauchement.

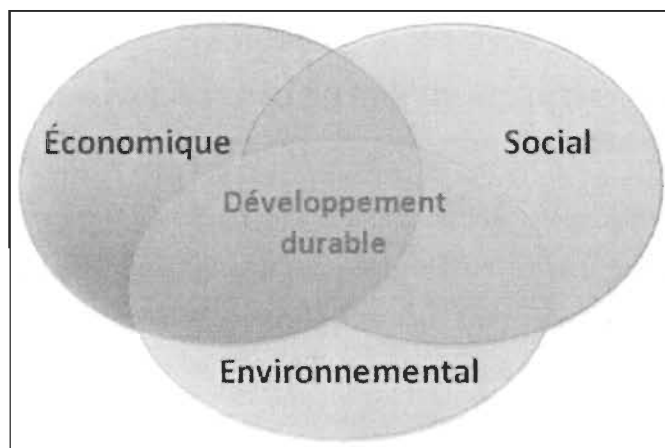


Figure 1.1 Représentation des dimensions du développement durable

Adaptée de (BNQ, 2012)

La « dimension environnementale » s'intéresse à l'analyse des impacts possibles qu'un projet minier peut avoir sur l'environnement (Marnika et al., 2015). Dépendamment de la nature du projet, cette dimension peut s'intéresser à divers aspects comme la pollution sonore, la qualité des eaux, l'impact sur la biodiversité, etc.

La « dimension sociale » s'intéresse à la valeur ajoutée qu'un projet minier peut apporter à la population. Selon Wilkinson et al. (2001), cette dimension doit tenir compte de l'équilibre entre les pressions économiques actuelles et les besoins futurs de la population. Selon Freeman (1984), la considération des parties prenantes dans les prises de décision est incontournable pour assurer le succès lié à la dimension sociale.

La « dimension économique » se focalise quant à elle sur la manière d'utiliser les ressources, généralement limitées, de la planète par les organisations et les coûts socio-environnementaux reliés à cette exploitation. Ces coûts sont précisément les coûts de régénération des capitaux naturels consommés et les coûts de compensation de la richesse que fournissait l'environnement (Pawłowski, 2008).

La prise en compte de ces trois dimensions assure que les différents impacts sont considérés lors de l'évaluation et de la réalisation d'un projet minier. D'autres considérations existent et sont généralement le résultat d'une interaction entre les

dimensions économiques, sociales ou environnementales. Pawłowski (2008) a identifié d'autres dimensions parmi lesquelles il a nommé la dimension morale, la dimension écologique, la dimension légale et la dimension politique. Dans les sections suivantes, les interactions possibles entre les dimensions ne sont pas considérées. La revue se focalise principalement sur les dimensions économiques et sociales. Ce choix s'explique par plusieurs éléments. En effet, les impacts environnementaux ainsi que leurs évaluations sont bien cités dans la littérature, particulièrement dans l'industrie minière. Contrairement aux impacts environnementaux, les impacts sociaux et économiques sont moins étudiés et ne reçoivent pas la même importance que l'aspect environnemental. Ce constat remet en cause le concept du DD qui exige que les trois dimensions soient traitées avec la même importance (Morgan, 2012). En plus, les impacts sociaux et économiques comparés aux impacts environnementaux sont variables et se présentent sous plusieurs formes au cours d'un même projet minier (Poveda et Lipsett, 2014). Outre les constats précédents, l'intérêt d'approfondir l'évaluation des impacts socioéconomiques est justifié par leurs aspects intangibles qui complexifient leur identification.

Selon le Bureau de Normalisation du Québec (BNQ, 2012),

« L'idée de préserver des ressources, de les partager et de faire en sorte que les générations qui suivent profitent des mêmes, voire de meilleures conditions, a marqué certains modes et activités de développement. Depuis l'avènement de l'ère industrielle, l'utilisation des ressources s'est intensifiée et, avec la mondialisation des échanges, il est de plus en plus difficile de cerner les impacts associés à nos activités. En réaction et par nécessité, le développement durable se présente à l'échelle mondiale comme une référence commune pour agir devant cette situation en ce début de XXI<sup>e</sup> siècle ».

Ainsi, tout gestionnaire soucieux de la viabilité de son projet minier et désirant s'engager dans la démarche de DD est amené à se poser certaines questions telles que :

- Quel est l'impact des activités minières sur les travailleurs et la communauté en général, sur l'environnement et sur l'économie ?

- Quelles sont les retombées possibles de l'application de la démarche de DD sur le projet minier et l'entreprise qui le gère ?

### 1.1.2 L'industrie minière et le développement durable au Canada

L'Association minière du Canada (AMC) a connu ses balbutiements vers le DD dans les années 1980. À cette époque, l'AMC a été la première association au monde à introduire une politique environnementale devant être respectée par l'industrie minière (Fitzpatrick et al., 2011). L'industrie minière a intensifié ses activités d'extraction des métaux juste après la Seconde Guerre mondiale. Cette effervescence du secteur minier s'est accompagnée de plusieurs événements indésirables. Parmi ces événements, citons les ruptures de digues causées par la limite des technologies à l'époque et la relocalisation de la communauté locale avoisinant le site minier. Ces différents événements ont engendré une prise de conscience dans l'industrie minière canadienne. En 1992 l'Initiative minière de Whitehorse fut créée au Canada dans le but d'améliorer le climat social, économique et environnemental relié aux activités minières. Cette initiative est ainsi considérée comme une orientation radicale vers le DD (Fitzpatrick et al., 2011). Dans la même année, la conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement à Rio de Janeiro a plus orienté l'attention publique sur les impacts environnementaux des activités industrielles. Entre 1998 et 2002, l'AMC a conduit plusieurs études et a rencontré des leaders de plusieurs communautés afin de connaître leurs attentes socioéconomiques et environnementales du secteur minier. C'est à l'issue de ces démarches qu'est née, en 2004, l'actuelle initiative intitulée « Vers le Développement Minier Durable (VDMD) ». Cette initiative a pour objectif de répondre aux besoins en produits minéraux et énergétiques dans le respect des principes de DD.

L'industrie minière québécoise en particulier rencontre différents problèmes qui ralentissent son virage vers le DD. Le défi de transition vers le DD sollicite les mines à différents paliers (stratégique et opérationnel) par des décisions complexes devant accommoder toutes les parties prenantes (Petrie et al., 2007). Pour assurer la réussite de la transition du secteur vers un développement minier durable, le Gouvernement du Québec s'est doté d'une stratégie minérale dans laquelle des mesures économiques et sociales ont été prises (MERN, 2014). Les orientations économiques visent à accélérer

le développement minier, diversifier les activités économiques du secteur au nord de la province tout en améliorant la compétitivité. Par exemple, nous pouvons citer le Plan Nord-du-Québec qui vise, entre autres, à développer la main-d'œuvre et favoriser la participation des communautés locales au développement minier.

L'industrie minière québécoise évolue dans un environnement dynamique avec une pression permanente émanant de toutes les parties prenantes. Se conformer aux principes de DD est une solution profitable pour ce secteur grâce aux avantages qui y sont présents. Selon le BNQ (2012), un changement opérationnel dans les organisations et l'intégration des principes de DD se traduisent par des bénéfices sociaux, économiques et environnementaux. Par exemple, le fait de considérer la dimension sociale permet de bénéficier d'une meilleure réputation auprès des communautés locales et d'un environnement réglementaire moins strict. Cette intégration des principes de DD se traduit également par une meilleure utilisation des ressources naturelles.

## **1.2 Législation et normes propres au secteur minier au Québec**

Selon l'Institut Fraser, le Québec occupe la sixième position sur le plan international en matière des juridictions minières les plus attrayantes et la troisième place au Canada derrière la Saskatchewan et le Manitoba (Jackson et Green, 2017). Cependant, la lenteur dans les processus d'autorisation environnementale et ainsi que l'absence d'encadrement des négociations avec les communautés locales pourraient rétrograder le rang de cette industrie (AMQ, 2016). Selon une étude de l'Institut de recherche et d'informations socioéconomiques (IRIS), le Gouvernement du Québec et les collectivités concernées ont toujours intérêt à maintenir une législation rigoureuse bien que non appréciée par les minières (Handal, 2011). En effet, l'étude a montré que la libéralisation de la législation associée au support financier du Gouvernement du Québec au secteur minier n'a pas été lucrative sur le plan socioéconomique. Par exemple, en 2007, le taux d'imposition sur les revenus miniers au Québec était la moitié de celle du Canada. Ajouté aux diverses allocations et mesures incitatives pour maintenir un environnement fiscal attractif, le Québec espérait des retombées socioéconomiques positives. Dans l'année suivante (en 2008), la proportion des emplois dans l'industrie minière a baissé de 25 % et représentait seulement 0,27 % des

emplois industriels (Handal, 2011). Cette flexibilité de la législation est constatée aussi dans le paiement des impôts. Par exemple, aucun impôt n'a été payé en 2015 par les entreprises minières dans la région minière de l'Abitibi-Témiscamingue (Québec) (Belzile, 2016). Ceci montre qu'une législation flexible dans le secteur minier et la mise en place de supports financiers n'assurent pas toujours une diminution du chômage et une rentabilisation des investissements publics.

### 1.2.1 La loi sur les mines

Au Québec, la principale balise juridique du secteur minier se base sur la loi sur les mines (adoptée le 10 décembre 2013) qui traite les droits miniers, permis d'exploration, baux et restauration. Cette loi vise à stimuler les activités minières durables. Elle a apporté des précisions sur les droits des citoyens affectés par les projets miniers, les droits des collectivités et les aménagements intégrés des territoires exploités. Cependant, des représentants de la société civile présentent des réticences liées à la législation minière. Par exemple, la coalition « Pour que le Québec ait meilleure mine » a soulevé des faiblesses de la législation sur différents points (Amos et Audoin, 2009). Ces points sont :

- Un déséquilibre entre les intérêts économiques des minières, les droits sociaux et la qualité de vie des populations.
- Une inexistence de médiation crédible en cas de litige entre promoteurs miniers et citoyens.
- Aucune modification sur la préséance des droits miniers (*free mining*) qui ne favorise que les promoteurs miniers au détriment des citoyens.
- Manque de précisions sur l'obligation de consulter les communautés autochtones.
- Aucun accès public aux données à caractère environnemental et de santé reliées aux projets miniers.

Une autre déficience constatée dans la loi est reliée à la communication des informations sous possession des promoteurs miniers (Jébrak et al., 2015). En effet, les compagnies minières titulaires d'un droit minier ne sont pas tenues de se prononcer sur la nature des minéraux recherchés. Malgré les efforts déployés dans la consultation

des parties prenantes d'un projet minier, les décisions sont souvent prises sans tenir compte des inquiétudes des résidents locaux. Par exemple, les citoyens de la Ville de Malartic se sont indignés devant l'autorisation gouvernementale pour le récent agrandissement de la mine. Selon le Comité de citoyens de la zone sud de Malartic, l'autorisation a été accordée sans tenir compte des avis des citoyens et de certains organismes indépendants (QMM, 2017). Aussi, les normes ne sont pas adaptées au contexte actuel des projets miniers comme le précise Dre Isabelle Gingras de l'Association canadienne des médecins pour l'environnement en disant que (Shields, 2014) :

« Les normes actuelles ne sont pas adaptées à la réalité des effets sur la santé des mines à ciel ouvert. Nous avons besoin de nouvelles normes pour les poussières, le bruit et les impacts psychosociaux générés par l'exploitation minière. »

### 1.2.2 La certification en développement durable en exploration minière.

En développement par la chaire en entrepreneuriat minier UQAT-UQAM, cette certification est basée sur 8 principes et 27 critères du DD spécifiques à l'exploration minière (Caron et al., 2016). Cette certification a pour objectif de combler l'écart existant sur le plan normatif dans l'industrie minière. En effet, il n'existe pas encore une norme permettant de certifier la conformité aux exigences de DD qui serait exclusive à l'exploration minière.

### 1.2.3 Les organismes inter juridictionnels

Au nord du Canada, plusieurs types d'ententes existent entre les industries minières, le Gouvernement fédéral et les communautés locales (Nord Minier, Ententes communautaires et socioéconomiques). Les Ententes communautaires et socioéconomiques sont des ententes à travers lesquelles les minières participent au développement des communautés locales dans plusieurs domaines. Ces ententes concernent l'éducation, l'emploi, le développement des entreprises locales, etc. Le Comité de suivi socioéconomique est créé pour les certifications requises dans certains projets spécifiques. Les principaux objectifs de ce comité sont de s'assurer que les



projets miniers sont engagés en adéquation avec les objectifs socioéconomiques préétablis. Il s'agit aussi de créer des mécanismes d'échanges entre les industriels, les Gouvernements fédéraux (et provinciaux) et les associations régionales.

### **1.3 Impacts de l'industrie minière du Québec selon une vision de développement durable**

#### **1.3.1 La dimension économique**

##### **a) Les impacts positifs**

Au Québec, l'industrie minière contribue considérablement aux finances publiques à travers les redevances et impôts. En 2014, l'industrie minière a versé plus de 120 M\$ en redevance au Gouvernement du Québec. L'impact économique du secteur minier se ressent aussi du côté des petites et moyennes entreprises (PME) dont environ 3800 fournisseurs répartis sur toute la province (Doumont, 2015). Entre 2013 et 2015, 508 M\$ ont été investis dans le réseau routier québécois afin de répondre aux besoins des promoteurs miniers (MERN, 2014). Aussi, des investissements ont permis d'accélérer la recherche et l'innovation dans le domaine minier. Pour ce dernier volet, le Québec a financé plusieurs projets de recherche liés au secteur minier parmi lesquels :

- Le consortium de recherche en exploration minière (CONSOREM : 90 000 \$/an pour 2009-2011 et 150 000 \$/an pour 2012-2014).
- Le consortium de recherche appliquée en traitement et transformation des substances minérales (COREM : 1 M\$/an pour 2009-2013).
- La société de recherche en développement minier (SOREDEM : 45 000 \$/an pour 2009-2010 et 2012-2014).
- Le Fonds de recherche du Québec — Nature et technologies pour le financement de projets de recherche améliorant les connaissances sur le développement minier en milieu nordique (FQRNT : maximum de 3 M\$ par année pour 2012-2016).
- La chaire en entrepreneuriat minier de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue et de l'Université du Québec à Montréal (150 000 \$/an pour 2011-2015).

En 2014, la rémunération dans l'industrie minière était au-devant de l'industrie de la foresterie, la fabrication et la construction et des finances. La rémunération dans le secteur minier dépassait en moyenne les 100 000 \$/an (Brendan Marshall, 2015). Selon l'ancien ministre délégué aux Mines, Luc Blanchette,

« Le secteur minier du Québec, c'est près de 3 G\$ d'investissements en moyenne annuellement, 30 000 emplois directs, indirects et induits à un salaire moyen de plus de 90 000 \$ par année. C'est une industrie de première importance établie dans toutes les régions du Québec. À lui seul, le réseau des fournisseurs et équipementiers compte près de 500 entreprises, qui génèrent 30 G\$ de revenus annuellement, dont le tiers se trouvent dans les régions de Montréal et de la Montérégie. » (MERN, 2016)

L'impact des sites miniers sur les communautés locales est très diversifié. Le salaire payé dans les mines est supérieur à ceux payés dans les emplois locaux. En 2016, le salaire moyen hebdomadaire au Québec est établi à 858,50 \$ tandis que le salaire moyen dans le secteur minier est à 1261,14 \$ (ISQ, 2016). Plusieurs résidents locaux consultés affirment qu'être employé dans une mine rime avec une ascension sociale (Rodon et Lévesque, 2015). Des emplois indirects sont aussi créés à travers les partenaires locaux. Outre les revenus perçus, les redevances payées par les minières permettent de supporter plusieurs activités économiques et communautaires locales. Cependant, la mesure du progrès de l'économie de certaines communautés minières locales permettrait de mieux évaluer l'impact économique des activités minières (Schweitzer, 2014).

#### b) Les impacts négatifs

Malgré les performances économiques de l'industrie minière du Québec, les soubresauts de l'économie mondiale affectent cette industrie sous plusieurs aspects. Vers les années 2000, 60 % des exportations étaient supportées par les produits manufacturés. Dans la même période, les prix de vente des produits finis n'ont cessé de décroître au profit des produits bruts qui représentaient en 2011 deux tiers des exportations canadiennes (Éco-conseil, 2012). Ce phénomène tend à spécialiser l'économie du pays et ceci peut expliquer pourquoi l'industrie québécoise est sensible

aux fluctuations de matières premières. Après un record d'investissement de 5,1 G\$ en 2012 dans le secteur minier québécois, la tendance en baisse des prix des métaux a provoqué une chute des investissements pour s'établir en 2014 à 3 G\$ (ISQ, 2015). Ce déclin n'est pas sans impact sur l'économie québécoise, mais affecte aussi les communautés locales, particulièrement dans le domaine de l'emploi.

Un autre impact économique négatif des sites miniers concerne les coûts de la restauration de ses sites (Handal, 2011). Au fil des années, plusieurs mines ont été abandonnées au Québec et l'état déploie des sommes colossales afin de les restaurer. Le dernier recensement réalisé en 2014 estime à 808 M\$ le coût de la restauration des 713 sites miniers abandonnés (ISQ, 2015). Toutefois, des mesures sont prises avec la nouvelle loi sur les mines pour garantir la restauration. En effet, toute minière dont le plan de réaménagement et de restauration a été accepté par le Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles (MERN) doit fournir des garanties financières correspondant à la totalité des coûts estimés.

### 1.3.2 La dimension sociale

#### a. Les impacts positifs

L'industrie minière du Québec comptabilise 30 000 emplois directs et indirects, dont plusieurs occupés par les travailleurs locaux. Ces emplois représentent 1,7 G\$ en salaire dans le seul secteur de la production (Doumont, 2015). Une étude réalisée par le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) précise qu'un emploi direct créé est suivi par 0,9 emploi indirect (MFFP, 2011). Des efforts sont aussi constatés de la part des promoteurs miniers à travers les ententes sur les répercussions et les aides socioéconomiques accordées aux communautés locales. La présence d'une mine a un effet positif sur la scolarisation des jeunes. En effet, les écoliers sont plus motivés puisqu'ils ont une chance de décrocher un bon emploi dans le secteur minier après leurs études (INSPQ, 2015)

Au Québec, une initiative facilitant la collaboration entre les résidents locaux et les miniers a vu le jour en 2012. Il s'agit du modèle « Développement Rétention Emploi Autochtone Minier (DREAM) » (Dansereau, 2012). Il s'agit d'un projet ayant pour but de former et retenir la main-d'œuvre autochtone dans le secteur minier. DREAM est

créée par le Comité sectoriel de la main-d'œuvre de l'industrie minière (CSMO-Mines) en partenariat avec l'industrie minière et les premières nations, DREAM est considéré comme un modèle « gagnant-gagnant » entre les parties prenantes (Dansereau, 2012).

Un autre impact social de cette industrie sont les dons octroyés à la communauté locale avoisinant la mine. Entièrement financé par la corporation minière Osisko à hauteur de 2 millions \$, le stade Osisko construit dans la Ville de Malartic est un bel exemple (CSMO, 2014). Le Fond Essor Canadian Malartic (FECM) vise à favoriser l'essor de la Ville de Malartic à travers un versement annuel de 150 000 \$ pour les activités ayant un impact durable dans la ville. À ce versement s'ajoute un don de 325 000 \$ pour les projets communautaires dans le but de supporter l'économie locale après la fermeture de la mine. En plus, les problèmes de santé et de sécurité ont été pris en compte dans les activités minières au Québec. Entre 2010 et 2015, la fréquence combinée des accidents de travail (indemnisés et assignations temporaires) est passée de 4,8 à 2,2 (APSM, 2016). La fréquence combinée détermine le nombre d'accidents pour 200 000 heures travaillées. Selon la CNESST (2016), l'assignation temporaire permet un prompt retour au travail, même si la lésion n'est pas encore consolidée, en assignant au travailleur des tâches sous certaines conditions. La Figure 1.2 montre l'évolution des fréquences d'accidents dans cette industrie entre 2003 et 2015.

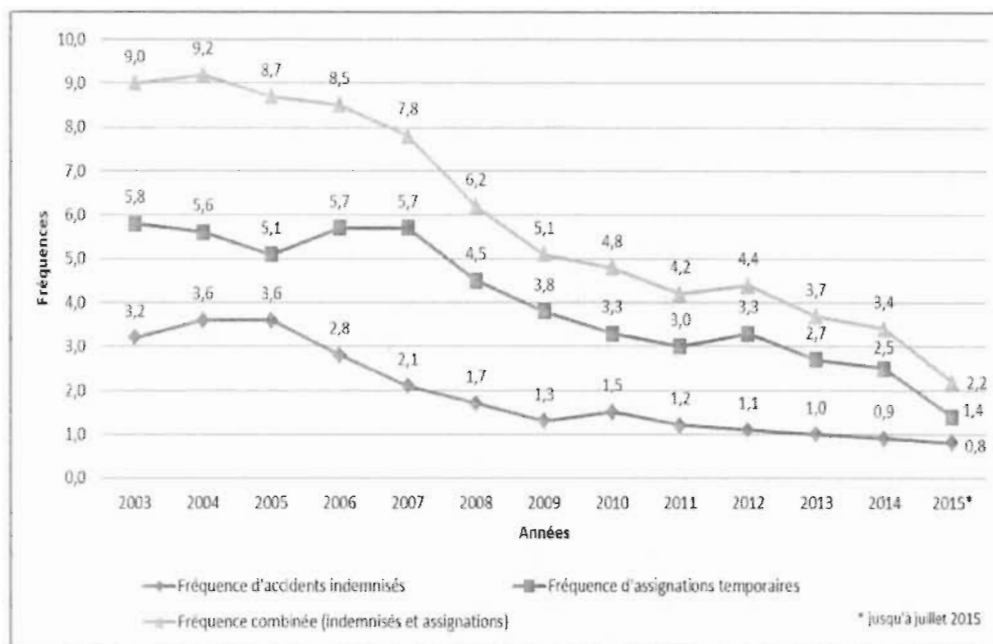


Figure 1.2 Fréquence combinée des accidents : secteur minier québécois

Tirée de APSM (2016)

Différents mécanismes sont mis en place par l'Association minière du Québec (AMQ) afin de diminuer les lésions professionnelles. Parmi ces mécanismes, il existe les activités du sauvetage minier qui sont basées sur le travail d'un comité d'entraide entre les mines en cas d'accidents majeurs ou de sinistres. Ce comité travaille conjointement avec l'équipe de sauvetage minier de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST). De plus, le programme d'audit minier favorise les bonnes pratiques en matière de santé et sécurité. Ce programme permet aux entreprises intéressées de se faire évaluer sur divers domaines (conformité aux normes et réglementations, plan de mesures d'urgence, activités de prévention, contrôle de terrain, santé et hygiène industrielle). L'industrie se sert aussi de la « formation modulaire du travailleur minier » (formation obligatoire pour tous les intervenants dans les mines souterraines) pour baisser la fréquence et la gravité des accidents de travail.

### b. Les impacts négatifs

D'une part, les emplois offerts par les minières sont avantageux, d'autre part ils ont des effets négatifs sur la cohésion sociale des communautés. En effet, les services communautaires et certaines activités traditionnelles sont parfois abandonnés progressivement. C'est le cas des rencontres intergénérationnelles pour la transmission des savoirs ancestraux (Knotsch et al., 2010). Les horaires de travail sont un autre facteur qui affecte cette cohésion sociale. En effet, les exigences de l'exploitation minière font en sorte que les travailleurs locaux rentrent généralement chez eux par quinzaine. Il s'agit d'une situation jugée difficile et stressante par plusieurs résidents locaux (Rodon et Lévesque, 2015).

La pollution sonore, les vibrations et la poussière causées par les mines sont un autre aspect de la problématique. La mine Osisko située au nord du Québec n'est qu'une illustration de ce problème. En effet,

« Depuis le début de ses opérations, Osisko peine à respecter les normes du décret en matière de bruit, de poussière, de vibration et de surpression lors des sautages. En date du 14 juillet 2014, le ministère de l'Environnement a émis 131 avis de non-conformité à Osisko (depuis le début du projet) et reçu 1 275 plaintes de citoyens en lien avec ces éléments » (INSPQ, 2015, p.5).

Le bruit est en provenance des moteurs des engins, le chargement et le déchargement des roches dans des tombereaux, la production de l'électricité, etc. (ELAW, 2010). Les travailleurs miniers sont exposés à diverses sources de bruit dans leur environnement de travail ce qui peut causer, à long terme, la surdité professionnelle. Les vibrations proviennent quant à eux des engins, mais surtout des abattages par explosion au niveau des gisements. Les ondes de choc issues de ces explosions sont assez fortes et peuvent affecter les travailleurs, les citoyens et la stabilité des infrastructures environnantes (ELAW, 2010).

Les communautés minières sont très reliées à l'économie minière et quand la conjoncture atteint son paroxysme dans le secteur, une ville entière peut disparaître. Par exemple, l'ancien village minier de Joutel situé dans le nord du Québec a disparu à la suite de la fermeture successive de quatre mines (Radio-Canada, 2013).

La relocalisation des communautés avoisinant les sites miniers est un autre problème préoccupant qui est devenu une source d'inégalité entre les citoyens et de perte de confiance envers les autorités. En 2006, le projet d'extension de la mine Canadian Malartic prévoyait le démantèlement de 246 résidences du quartier sud de la ville de Malartic ce qui a bouleversé les habitudes de vie des citoyens (INSPQ, 2015). Selon un sondage effectué en automne 2011 sur la qualité de vie des résidents de Malartic, 19,5 % des répondants affirmaient que le stress qu'ils éprouvent est relié aux activités de la mine Canadian Malartic (P. Leblanc et al., 2012). Cette détresse psychologique est particulièrement élevée chez les familles relocalisées.

La migration des personnes vers les zones minières est une autre source de problèmes pour les collectivités locales voisines des installations, particulièrement dans les lieux où l'activité minière est la principale source de revenus. L'installation des nouveaux arrivants peut rapidement créer des conflits. Cette cohabitation avec un faible lien social peut provoquer une désorganisation de la société, ainsi que le changement de mode de vie des locaux (Éco-conseil, 2012).

L'acceptabilité sociale des projets miniers, basée sur la qualité des relations entre les parties prenantes, est devenue un enjeu déterminant (Yates et al., 2016). Selon ces auteurs, les communautés locales deviennent de plus en plus réticentes aux projets miniers et manifestent leur volonté d'être activement impliquées dans les projets miniers. L'acceptabilité sociale est devenue décisive dans l'évaluation d'impacts des activités minières, car la réticence des communautés locales peut bloquer l'avancement d'un projet minier. Selon un sondage de l'Institut Fraser, 36 % des entreprises minières soutiennent que l'opposition publique peut bloquer l'approbation de leurs projets (Wilson et Green, 2013). Une attention particulière est accordée au dossier de l'acceptabilité sociale afin d'éviter les conflits avec la communauté locale pouvant mener à l'interruption des activités minières. Selon Franks et al. (2014), l'interruption des activités d'exploration peut provoquer des pertes de 10 000 USD/jour. Au Québec, malgré l'amélioration des relations entre les minières et les populations locales, des pratiques déficientes sont encore notées (Jébrak et al., 2015). Il s'agit principalement du manque d'implication des communautés locales

dans les projets miniers et les impacts sur les infrastructures existantes et l'environnement en général.

### 1.3.3 La dimension environnementale

#### a. Les impacts positifs (améliorations)

Un effort est fourni par le secteur minier québécois afin d'interagir avec l'environnement de manière responsable. Outre les améliorations dans la gestion des rejets miniers, la restauration des sites miniers est un autre domaine qui s'améliore continuellement. À titre d'exemple, les travaux de la chaire industrielle CRSNG-UQAT traitent diverses problématiques reliées à la restauration dont :

- L'étude des facteurs d'influence sur la prédiction de la qualité des eaux de drainage de rejets miniers séquestreurs de carbone.
- Le développement de solutions pour la prévention de la contamination des eaux à partir des déchets miniers.

Afin de mieux réduire l'incidence de ses activités sur l'environnement, l'industrie minière québécoise participe à une série de programmes environnementaux comme le Programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier (NEDEM), l'initiative nationale pour les mines orphelines ou abandonnées (INMOA) et le VDMD. À travers ces programmes, les minières améliorent leurs pratiques afin de réduire leur empreinte environnementale.

Il est important de noter que les exemples cités dans cette section montrent que les éléments positifs identifiés sont plus des améliorations que des impacts.

#### b. Les impacts négatifs

Les impacts environnementaux négatifs sont variés, allant de la contamination des eaux sous-terrain à la pollution atmosphérique. En particulier, les résidus miniers posent des problèmes de contamination par des métaux lourds (cadmium, arsenic, plomb, zinc, etc.) qui influencent grandement la biodiversité. Ces métaux lourds se dispersent facilement dans les cours d'eau et le sol. Au Québec, la gestion des résidus



miniers présente un réel défi. Selon Farrell et Ali (2013) les problèmes reliés aux résidus miniers sont :

- Grandes étendues de terres nécessaires pour la construction des périmètres des parcs de résidus miniers.
- Gestion de grandes quantités d'eau contaminées avec des risques de contamination de l'environnement voisin.
- Investissement initial élevé pour la construction d'un parc sécuritaire de résidus miniers.
- Risque de défaillance des digues ceinturant un parc de résidus miniers causé par la liquéfaction des résidus ou la défaillance du système de drainage.

Plusieurs défaillances de digues de parcs de résidus miniers ont été répertoriées ces dernières décennies (Azam et Li, 2010). Entre 2004 et 2014, le Canada a connu quatre grandes ruptures de digue minière.

Outre les effets polluants et néfastes de l'érosion des sols miniers sur la vie terrestre et aquatique, la perturbation des terres peut mener à des incidents d'une plus grande envergure. En effet, la sédimentation élargit les ravins et accélère le ruissellement des eaux ce qui peut entraîner des inondations en aval et dans certaines zones affecter la stabilité des pieux des ponts (ELAW, 2010). Les problèmes précités montrent que la maîtrise de l'érosion des sols et la sédimentation est un réel problème dans la majorité des exploitations minières et leur voisinage. L'air pollué est présent à chaque étape du cycle d'une mine. Singh et al. (2015) citent les émissions issues des engins lourds utilisés dans les opérations minières, les installations de génératrices d'électricité et les opérations liées à la transformation des minerais.

Finalement, ce recensement succinct des impacts selon les dimensions du DD a montré leur diversité et quelques contextes dans lesquels ils apparaissent (voir Tableau 1.1).

Tableau 1.1 Quelques impacts des sites miniers selon les dimensions du DD

Impact	Social	Économique	Environnemental
<b>Positif<sup>1</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrie créatrice d'emploi</li> <li>• Ascension sociale chez les communautés minières</li> <li>• Dons et subventions aux communautés locales</li> <li>• Amélioration des performances en santé et sécurité au travail (SST)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribution aux finances publiques</li> <li>• Investissement dans les infrastructures locales et nationales</li> <li>• Investissement dans la recherche scientifique et l'innovation</li> <li>• Rémunération avantageuse</li> <li>• Dynamise l'économie locale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction des émissions issues des exploitations minières</li> <li>• Restauration des sites miniers</li> <li>• Optimisation de la consommation énergétique</li> </ul>
<b>Négatif</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perte de la cohésion sociale dans la communauté</li> <li>• Problèmes de santé et de sécurité au travail</li> <li>• Disparition de ville à cause d'une crise minière</li> <li>• Abandon d'activités communautaires</li> <li>• Apparition de conflit à cause de nouveaux arrivants dans la communauté locale</li> <li>• Perte de confiance envers les autorités locales</li> <li>• Relocalisation des citoyens</li> <li>• Modification des habitudes de vie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression sur les ressources locales</li> <li>• Secteur économique cyclique</li> <li>• Augmentation de la dépendance d'une économie à cause d'une spécialisation dans l'économie minière</li> <li>• Coûts élevés des restaurations minières</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sédimentation des cours d'eau</li> <li>• Contamination des eaux par métaux lourds</li> <li>• Altération de la biodiversité (flore et faune)</li> <li>• Changement climatique</li> </ul>

<sup>1</sup> Les éléments positifs propres à la dimension environnementale doivent être considérés comme des améliorations de la part de l'industrie minière.

#### **1.4 Guides et référentiels en DD pour les activités minières durables**

Grâce à un large réseau d'experts, les guides et référentiels de DD sont élaborés dans le but d'harmoniser les concepts et les systèmes de mesures en matière de DD. Ces guides et référentiels permettent aux organisations de communiquer ouvertement et clairement, selon un cadre reconnu, leur performance en DD. Le pouvoir de ces guides et référentiels réside dans leur crédibilité mais aussi dans les critères et indicateurs qui y sont utilisés pour évaluer la performance en DD (GRI, 2015). Le recensement de ces critères et indicateurs de DD nous permettra d'effectuer une présélection pour ce projet de recherche. Avant de présenter les guides et référentiels, précisons que les termes « critère » et « indicateur » sont définis dans la section suivante (voir 1.4.1).

Le *Global Reporting Initiative* (GRI) propose des critères et un guide pour la présentation des rapports d'activité des entreprises. Le GRI est utilisable indépendamment de la taille de l'entreprise, du secteur d'activité ou de l'implantation géographique (GRI, 2015). La Figure 1.3 présente la structure hiérarchique du GRI. L'une des particularités du GRI est qu'il propose deux options à l'organisation (critères essentiels ou critères exhaustifs) dans sa démarche d'identification des aspects pertinents qui reflètent les impacts, selon une vision de DD.

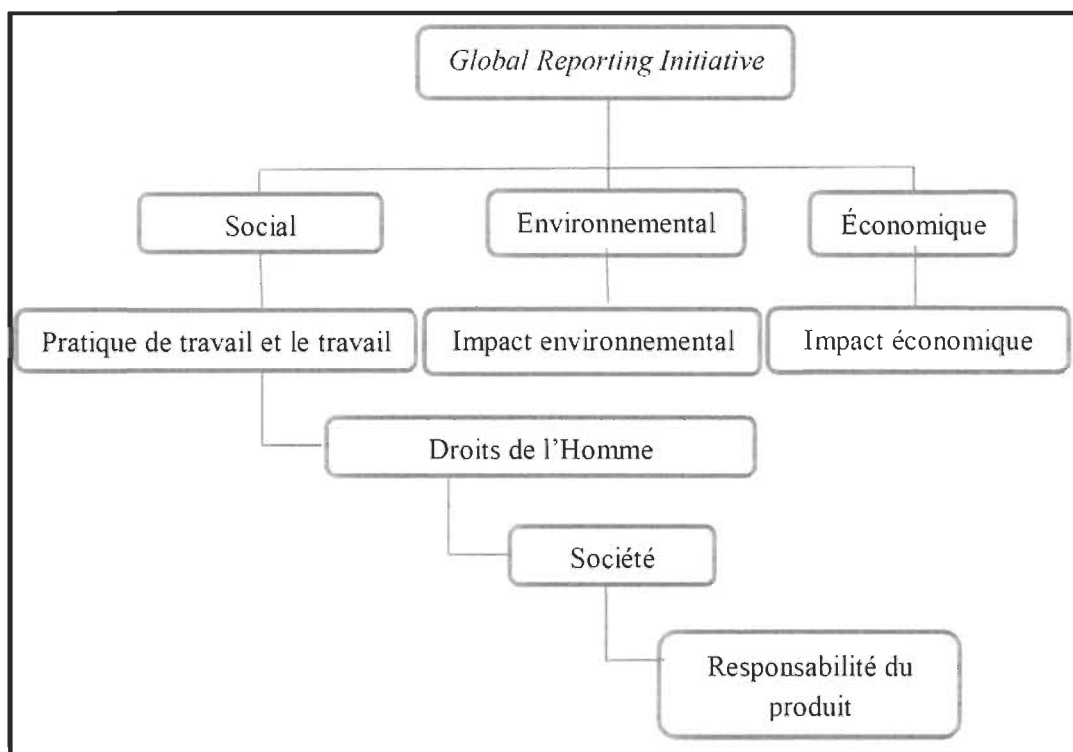


Figure 1.3 Structure hiérarchique du GRI

Adaptée de Singh et al. (2012)

Publiée en novembre 2010, la norme « ISO 26000 – Responsabilité sociétale » définit comment les organisations peuvent contribuer au DD de leurs activités (ISO, 2010). Cette norme développe des lignes directrices pour orienter les organisations vers des pratiques socialement responsables, éthiques et transparentes. Ces lignes directrices sont basées sur des critères et indicateurs permettant d'opérationnaliser la transition vers le DD. Par exemple, le critère « Santé et sécurité au travail » s'appuie sur plusieurs indicateurs comme : « salariés exposés directement et fréquemment à des maladies liées à leur activité », « taux et types d'accidents du travail, de maladies professionnelles, d'absentéisme, proportion de journées de travail perdues et nombre total de décès liés au travail, par zone géographique et par sexe », etc.

Au Canada, l'AMC à travers son initiative « Vers le Développement Minier Durable (VDMD) » entend relever le défi du développement minier à travers 6 protocoles opérationnalisés par des indicateurs. Ces protocoles sont :

- Relations avec les Autochtones et les collectivités.
- Gestion de l'énergie et des émissions de GES
- Gestion des résidus miniers
- Gestion de la conservation de la biodiversité
- Santé et sécurité du travail
- Planification de la gestion de crises et des communications.

Les indicateurs du protocole « Relations avec les Autochtones et les collectivités » reliés à la dimension sociale sont présentés à l'Annexe 1.

*The Initiative for Responsible Mining Association* (IRMA) s'articule autour de principes en lien avec l'intégrité des affaires, les responsabilités sociales, les responsabilités environnementales, la planification et la gestion pour des héritages positifs.

L'IRMA met en place un système responsable d'assurances minières, multipartites et vérifiables, évaluant les entreprises minières sur la base de critères et indicateurs pour améliorer les performances sociales et environnementales (voir Annexe 2). Par exemple, le « travail équitable et conditions de travail » est un principe qui s'appuie sur différents indicateurs comme : « respect du droit des travailleurs à la syndicalisation et à la négociation collective », « accessibilité aux informations essentielles par les syndicats pour une négociation éclairée », « neutralité des gestionnaires sur les efforts de syndicalisation ou d'organisation des travailleurs », « informer le nouveau travailleur sur ses droits et obligations », etc.

Le Conseil International des Mines et Métaux (ICMM) est une organisation industrielle dirigée par des gestionnaires d'entreprises qui s'intéressent aux enjeux de l'industrie des mines et des métaux. L'ICMM fait aussi la promotion des bonnes pratiques en matière de DD avec ses dix principes basés sur des structures internationales telles que le GRI (voir Annexe 3). Les principes de DD de l'ICMM s'appuient sur des critères d'évaluation à plusieurs indicateurs. Par exemple, le principe de « pratiques éthiques dans les affaires » s'appuie sur un ensemble de critères

à savoir : « engagement de la direction sur des principes et pratiques éthiques », « implémentation de politiques et pratiques visant à prévenir la corruption », « respect et effort de dépassement de la réglementation du pays d'accueil ». La démarche de DD de l'ICMM s'intéresse aux aspects environnementaux, sociaux, économiques, de qualités, d'éthiques et d'intégrités de l'entreprise.

#### 1.4.1 Définitions de « critère » et « indicateur »

Un « critère » est un principe, élément de référence qui permet de juger, d'estimer, de définir quelque chose (Larousse, 2017). Selon le Cambridge Dictionary, un critère se définit comme suit « *a standard by which you judge, decide about, or deal with something* ». Bossel (1999) précise qu'un critère oriente les acteurs d'une organisation sur les prises de décision.

Un « indicateur » quant à lui donne une mesure de l'état d'un système ou d'un problème, ou de l'évolution de leur développement si les mesures sont répétées dans le temps.

Selon Spangenberg et al. (2002), un indicateur doit être.

- Indicatif : représente le phénomène à caractériser.
- Transparent : sa sélection, calcul et signification doivent être accessibles à ceux qui ne sont pas experts.
- Scientifiquement reconnu : largement reconnu par la communauté scientifique.
- Robuste : non affecté par des modifications ou améliorations mineures dans les bases de données.
- Quantifiable : basé sur des données accessibles et pouvant être traitées.
- Indépendant : significatif en soi.

Ces caractéristiques précitées montrent qu'un « indicateur » rigoureusement choisi et justifié déterminera avec une meilleure précision le niveau de l'impact relié à un « critère ».

Concernant les critères de DD, ils permettent ainsi aux acteurs de privilégier une action, une voie ou un impact face à plusieurs solutions. Ces critères se basent sur un ensemble d'indicateurs pour décrire et évaluer l'état d'un système. Les indicateurs sociaux couvrent les domaines de la démographie de la population, la cohésion sociale et le bien-être de la communauté, la santé et la sécurité du travail, l'investissement dans la communauté locale, le bien-être culturel, la qualité de vie, etc. Les indicateurs économiques sont en relation avec l'emploi, la main d'œuvre ainsi que les revenus dans la région sujette à l'étude (Petrov et al., 2013).

#### 1.4.2 Résumé des critères et indicateurs sociaux et économiques de DD

En référence à l'analyse réalisée sur les impacts des sites miniers québécois à la (section 1.3) et à l'identification des critères et indicateurs dans les paragraphes précédents, nous avons présélectionné les critères et indicateurs pertinents. Pour chaque impact identifié correspond un (ou des) critère(s) permettant de l'évaluer. La pertinence du choix des indicateurs se base aussi sur la facilité de leur utilisation, ce choix a été permis grâce aux études de cas réalisées et publiées dans les articles scientifiques. Les Tableau 1.2 et Tableau 1.3 résument les critères et indicateurs pertinents retenus. Il est cependant important de rappeler que les critères et indicateurs recensés seront exclusivement orientés vers les dimensions sociales et économiques pour les raisons précédemment expliquées (section 1.1). Aussi, les cadres de références en DD sont inclus dans ce tableau pour souligner la présence de ces critères et indicateurs retenus dans la littérature. Toutefois, ces cadres de référence n'ont aucun lien particulier avec les articles scientifiques étudiés quoique certains articles les évoquent à titre d'exemple.

Tableau 1.2 Critères et indicateurs économiques sélectionnés

Critères	Indicateurs	Articles	Pays	Cadre de référence
Retombées économiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existence de donation et autres investissements pour les communautés (M\$) (qualitatif)</li> <li>Nombre d'emplois directs/indirects créés localement (quantitatif)</li> <li>Réinvestissement des redevances dans la localité (%) (quantitatif)</li> <li>Pression sur les ressources locales (qualitatif)</li> </ul>	Erzurumlu et Erzurumlu (2015)	É. U	ISO 26000 (2010) ; GRI (2015) ; VDMD (2016) ; ICM (2016)
		Biggs et al. (2015)	Australie	
		Weldegiorgis et Ali (2016)	Australie	
		Tonts et al. (2012)	Australie	
Présence sur le marché local	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nombre de fournisseurs locaux (quantitatif)</li> <li>Diversité des activités économiques (qualitatif)</li> </ul>	Erzurumlu et Erzurumlu (2015)	É. U	ISO 26000 (2010) ; GRI (2015)
		Biggs et al. (2015)	Australie	
		Caron et al. (2016)	Canada	



Tableau 1.3 Critères et indicateurs sociaux sélectionnés

Critères	Indicateurs	Articles	Pays	Cadre de référence
Dialogue social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implication de parties prenantes locales dans la résolution des problèmes socioéconomiques (qualitatif)</li> <li>• Respect de l'héritage culturel (qualitatif)</li> <li>• Existence d'engagement avec les communautés locales (qualitatif)</li> <li>• Droit de veto pour la communauté locale (qualitatif)</li> <li>• Proximité de la mine des zones de résidence (qualitatif)</li> </ul>	Craynon et al. (2016)	É. U	ISO 26000 (2010) ; GRI (2015) ; VDMD (2016) ; ICMM (2016) ; IRMA (2017)
		Caron et al. (2016)	Canada	
		Weldegiorgis et Ali (2016)	Rwanda	
		Craynon et al. (2016)	É. U	

Critères	Indicateurs	Articles	Pays	Cadre de référence
Vulnérabilité au choc économique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variété de la compétence locale (qualitatif)</li> <li>Proportion de travailleurs locaux participant à des programmes de formation (quantitatif)</li> </ul>	Weldegiorgis et Ali (2016)	Rwanda	ICMM (2016)
		Tonts et al. (2012)	Australie	
		Biggs et al. (2015)	Australie	
		Caron et al. (2016)	Canada	
Santé et sécurité au travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nombre de décès et lésions professionnelles chez les travailleurs locaux (quantitatif)</li> </ul>	Biggs et al. (2015)	Australie	ISO 26000 (2010) ; GRI (2015) ; VDMD (2016) ; IRMA (2017) ; ICMM (2016)
		Weldegiorgis et Ali (2016)	Rwanda	
		Caron et al. (2016)	Canada	
Éthique d'affaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existence de mécanisme de prévention de la corruption (qualitatif)</li> <li>Internalisation des coûts (qualitatif)</li> </ul>	Erzurumlu et Erzurumlu (2015)	É. U	ICMM (2016) ; IRMA (2017)

Critères	Indicateurs	Articles	Pays	Cadre de référence
Bien-être social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apparition de conflit entre nouveaux arrivants et communauté locale (cohésion sociale) (qualitatif)</li> <li>• Évolution du taux d'alcoolisme et de drogué (quantitatif)</li> </ul>	Poveda et Lipsett (2014)	Canada	GRI (2015) : IRMA (2017)
Éducation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proportion d'investissement minier dans l'éducation (quantitatif)</li> </ul>	Yu et al. (2005)	China	ICMM (2016) ; GRI (2015) ; IRMA (2017) ; ISO 26000 (2010)

### **1.5 Outils de mesure d'impacts sociaux et économiques dans l'industrie minière**

La prise de conscience de la société face aux impacts des différents projets miniers s'est accrue. Elle explique d'une part l'augmentation du nombre d'outils d'évaluation du DD (Poveda et Lipsett, 2014). Ces outils gagnent de l'importance et leur utilité s'avère incontournable pour les entreprises (Singh et al., 2012). Selon B. Ness (2007), la mesure du degré de DD fournit aux décideurs une évaluation des perspectives à court et à long terme pour déterminer les actions menant à des entreprises durables. En effet, les outils d'évaluation de la performance en DD guident les approches et les procédures pour mener l'industrie minière vers une position proactive en matière de DD. Ces outils sont accompagnés par des modèles économiques, technologiques et financiers contribuant ainsi à la réussite de la transition vers un développement minier durable (Petrie et al., 2007). Dans le passé, les mesures d'impacts socioéconomiques reliées à l'exploitation des ressources minières étaient plus orientées vers les mesures des flux économiques entrants et sortants dans une communauté. Les mesures d'impacts s'intéressaient aussi à la présence d'organismes de soutien extérieur sur le plan organisationnel, par exemple les Organisations non gouvernementales (ONG) (Burdge et al., 1988). Aujourd'hui, les outils et méthodes d'évaluation d'impacts permettent de mesurer la performance en DD. Dans le secteur minier, les outils d'évaluations d'impacts sociaux et économiques ont pour objectif de soutenir une prise de décision appropriée, d'où l'appellation d'outils d'aide à la décision. Dans certains cas, le sujet d'étude de ces outils va au-delà de l'entreprise pour évaluer le niveau de DD de toute une région (Su et al., 2010). Cependant, les outils basés sur une seule méthode de mesure ont montré leurs limites. Aussi, certains outils peinent à prendre en charge les problèmes socioéconomiques à cause du dynamisme de l'industrie minière (Govindan, 2015). Par exemple, l'analyse Coût-Bénéfice est de plus en plus controversée puisqu'elle ne tient compte que de l'aspect monétaire au détriment des impacts sociaux et environnementaux (Frank, 2000). Les outils basés sur une seule méthode génèrent des résultats grandement affectés par la subjectivité et ils sont difficilement applicables. Dans la pratique, diverses méthodes sont souvent associées afin d'avoir une meilleure précision dans les prises de décision.

Cette revue tente de recenser les outils d'évaluation d'impacts basés sur plus d'une méthode et ayant été appliqués dans le secteur minier à travers des études de cas. Les critères de sélection sont :

- Les mots clés : impact, développement durable, site minier, industrie, critère, indicateur, principe, évaluation, méthode, outil, approche, mesure, sociale, économique, communauté locale, législation, norme, règlement.
- Les articles scientifiques (à l'échelle internationale) dans lesquels les outils proposés ont eu une application.
- Les bases de données consultées sont : *ABI Inform global*, *Ebsco*, *Scopus* et les éditions *Elsevier et Taylor and Francis Group*. À celles-là s'ajoute la plateforme de recherche de *Google Scholar*.
- Le lien entre les travaux de recherche et les variables affectant le niveau de DD.
- L'existence d'une application (étude de cas) dans le secteur minier permettant d'opérationnaliser les critères et indicateurs identifiés.

Outre les critères de sélections précédents, les outils considérés dans cette revue sont ceux orientés vers l'évaluation des impacts sociaux et économiques de l'industrie minière et publiée dans ces douze dernières années.

Dans leur revue, (Petrie et al., 2007) ont étudié les caractéristiques des structures qui supportent le processus décisionnel dans l'industrie minière. Ils ont précisé qu'une structure d'aide à la décision doit contenir un guide pour approcher et résoudre un problème, mais aussi avoir une tendance proactive dans la promotion des principes de DD. Après avoir analysé une cinquantaine de cadres décisionnels, ils ont proposé des questions d'ordre structurel et analytique de sorte qu'en y répondant, les décideurs aboutiront à une décision adéquate. Cette approche est intéressante, car le processus décisionnel peut varier dépendamment des relations entre les parties prenantes (relations collaboratives ou conflictuelles). Concernant les indicateurs de DD, l'étude détermine deux types d'indicateurs dépendamment de leur niveau de subjectivité. Il s'agit des indicateurs de performance et les indicateurs de performances clés. Ces

indicateurs ont été classés suivant trois dimensions : social, technique et environnemental. Toutefois, les auteurs ont précisé que d'autres dimensions sont aussi largement utilisées dans la littérature, notamment la dimension économique et celle politique/gouvernementale. Suite à l'analyse des rapports d'évaluation des impacts de cinq entreprises minières, les auteurs concluent que la manière d'agrèger les indicateurs dépend du niveau de prise de décision (stratégique, tactique ou opérationnel). Aussi, dans tous les outils d'évaluation analysés, les auteurs ont identifié une faiblesse récurrente. Il s'agit de la non-concordance entre les indicateurs de performance choisis et les objectifs retenus dans les évaluations. L'étude ne se prononce pas sur les approches compensatoires possibles lorsque la décision finale ne satisfait pas l'objectif. Cette étude a permis de confirmer qu'il n'existe pas une structure décisionnelle unique permettant de guider une transition vers le DD dans le secteur minier.

Yu et al. (2005) s'intéresse à l'évaluation du degré de DD dans la ville minière de Huangshi en Chine. Les auteurs estiment que le développement à long terme d'une ville minière est fortement influencé par le niveau de coordination des facteurs de DD. Pour confirmer cette assertion, ils proposent un modèle d'évaluation systématique considérant les facteurs de ressources, économique, social, environnemental et intellectuel. Le modèle se base sur le *Fuzzy Integrated Judgement* (FIJ) pour atteindre ses objectifs. Après avoir généré un système de critère et d'indicateurs pertinents et en lien avec le contexte de la ville minière grâce à la méthode Delphi, les auteurs utilisent la méthode du FIJ pour évaluer le niveau de coordination des facteurs de DD. Cette méthode basée sur la logique floue permet de maximiser l'appartenance des jugements à différents facteurs de DD. Cette méthode a permis de déterminer dans un environnement aussi flou que le DD une vision claire des facteurs de DD les plus influents dans la ville de Huangshi. Les jugements portant sur les critères ont été obtenus simultanément à partir des indicateurs grâce à la matrice de jugement intégrée, permettant ainsi un gain de temps. L'analyse de l'article a permis de conclure que deux facteurs influencent fortement le degré de DD dans cette ville minière soit l'abondance des ressources minières et les conditions d'exploitation des ressources. L'autre conclusion est que la méthode du *FIJ* basée sur la logique floue réduit bien la

subjectivité présente dans les jugements. Cependant, la cohérence des poids affectés aux critères et indicateurs n'est pas étudiée, une telle étude améliorerait la fiabilité de l'évaluation du degré de DD dans la ville minière.

Su et al. (2010) ont étudié le degré de DD dans ville minière de Hubei en Chine, en utilisant un modèle basé sur la combinaison de trois méthodes d'analyse que sont l'AHP, *The Accelerated Genetic Algorithm* (AGA) et le FIJ (outil 1). Le modèle se décline sur quatre étapes à savoir : 1) La hiérarchisation du système composé de l'objectif, des critères et des indicateurs, 2) La construction de la matrice de jugement qui donne l'importance relative entre les critères, 3) La recherche de la matrice de jugement ayant la cohérence optimale pour chaque matrice donnée et la pondération des critères pour chaque niveau hiérarchique donné et 4) L'application du FIJ. Une étude de cas dans une ville minière en Chine a été faite afin de vérifier la fiabilité de cette méthode d'évaluation intégrée. Les résultats obtenus ont été en cohérence avec les études précédentes et ont présenté une meilleure précision sur les variables affectant le degré de DD de cette ville. L'avantage de cette étude est l'amélioration de la précision des résultats en remplaçant la matrice de jugement traditionnelle c.-à-d. l'échelle des valeurs discrètes de Saaty (1980) par une échelle d'intervalle. L'agrégation des indicateurs a été réalisée par dimension de DD. Les dimensions considérées et nommées dans cette étude sont : économie, social, intelligence (niveau d'éducation) et ressource minérale. L'agrégation a été faite par pondération suite à la détermination de trois matrices qui sont : la matrice des indicateurs, la matrice de pondération et la matrice des jugements. Le résultat issu de cet outil présente une décision intégrée dans un environnement flou influencé par plusieurs facteurs comme le chômage, la qualité de vie des résidents locaux et les réserves minérales présentes dans la zone minière. Cependant, ce travail n'explique pas la procédure de sélection des experts ayant participé au choix des critères et indicateurs. Cet aspect est important, car l'utilisation du FIJ se base sur leurs opinions et, quelle que soit l'efficacité de la méthode utilisée, si le niveau de subjectivité n'est pas réduit à la source, les résultats présenteront des biais (Kommadath et al., 2012).

Mihai et al. (2015), ont analysé les différentes alternatives pour la réalisation d'un projet minier devant tenir compte des impacts socioéconomiques et de l'acceptation

du projet par la société civile (outil 2). Ils ont aussi réduit le niveau de subjectivité en remplaçant l'échelle composée de valeurs discrètes par une échelle d'intervalles ce qui, en plus des avantages précités, a accordé une certaine flexibilité dans le jugement. À l'issue de l'évaluation des quatre alternatives (mise à jour du projet, arrêt du projet, maintien du projet dans sa forme initiale et projet de développement touristique) qui étaient en jeu, l'analyse multicritères a permis de déterminer la décision optimale à partir de l'approche du critère unique de synthèse avec la somme pondérée. Bien que les résultats aient révélé l'efficacité et la facilité d'utilisation de l'analyse multicritères, certaines limites sont constatées dans l'étude. Ces limites sont en grande partie liées à la méthode d'analyse multicritères et aux facteurs humains dans l'incohérence des données recueillies. L'évaluation a un aspect hypothétique, car la majorité des critères étaient prédictifs comme l'exemple des coûts à long terme et les investissements étrangers. Les ressources limitées (d'ordre financier) des évaluateurs étaient un obstacle, car cela a affecté la représentativité de la population interrogée. Outre ces limites, l'utilisation de l'analyse multicritères exige un expert de cette méthode avec une bonne expérience dans la tenue des ateliers et enquêtes pour récupérer les informations avec la plus grande authenticité. S'il se pose des contraintes de temps, les ateliers nécessitant souvent des jours peuvent être tronqués et dans ces circonstances la subjectivité peut altérer la qualité de l'évaluation (Porthin et al., 2013).

Kommadath et al. (2012) ont développé un outil de mesure du degré d'intégration des principes de DD dans le secteur minier (outil 3). Cet outil utilise une approche basée sur la logique floue. Selon Kommadath et al. (2012), l'analyse Input-Output qui a pour objectif d'étudier le lien entre différentes dimensions du DD présente plusieurs faiblesses. L'analyse Input-Output exige une grande quantité de données devant être collectées, en impliquant plusieurs parties prenantes. Aussi, les limites de cette analyse concernant l'agrégation des données emmènent l'analyste à faire des ajustements pour standardiser les données, ce qui peut altérer la qualité des données collectées. La particularité de l'outil développée par Kommadath et al. (2012) réside dans l'utilisation de la logique floue qui prend en charge la subjectivité présente dans le concept de DD. L'autre caractéristique de la logique floue est sa capacité à combiner des indicateurs quantitatifs et qualitatifs, par exemple le nombre d'emplois créés (quantitatif) et le



niveau d'implication de la population locale (qualitatif). L'outil a pu définir le DD comme une fonction composée d'un nombre d'indicateurs quantitatifs associés aux jugements des experts (qualitatifs) ressortis par la méthode Delphi. Malgré ses avantages reliés à la facilitation de la prise de décision, l'implication et l'engagement des parties prenantes dans le processus du DD, la méthode admet quelques limites. La principale limite est la subjectivité présente dans la définition de la fonction d'appartenance des critères. L'auteur suggère d'approfondir les études sur le processus de choix des parties prenantes participants aux évaluations, car leurs opinions représentent la principale source de subjectivité.

Poveda et Lipsett (2014) ont élaboré un outil permettant de mesurer la transition d'une industrie minière vers le DD (outil 4). Ils considèrent que l'outil d'évaluation doit continuellement mesurer et améliorer les performances socioéconomiques. L'objectif de l'outil est d'évaluer le niveau d'intégration des principes de DD à travers la mesure des impacts d'une mine. L'outil est caractérisé par la subdivision des activités en des domaines d'excellence où l'industrie doit performer par exemple dans la recherche et l'éducation auprès de la communauté locale. Les auteurs ont évalué les effets sociaux, économiques et environnementaux dans chaque phase du projet minier. L'évaluation utilisait une approche intégrée basée sur l'amélioration continue de la performance et l'analyse multicritères. Grâce à la méthode de la somme pondérée, l'analyse multicritères a permis d'effectuer le choix des domaines d'excellence à considérer dans l'évaluation de la performance. Le résultat issu de l'évaluation donne le degré d'amélioration de la performance de chaque critère spécifique dans une durée déterminée. La note issue de cette évaluation était le fondement des stratégies à développer afin d'améliorer la transition vers le DD. L'étude de cas qui a été réalisée dans l'exploitation des sables bitumineux au Canada a permis de noter les faiblesses de cet outil. Vu la complexité des étapes à respecter pour mener à bien l'évaluation, les auteurs ont suggéré un guide d'utilisation. Ce guide d'utilisation a été proposé ralentit l'évaluation, ainsi que son efficacité. Comme dans toute évaluation qualitative, la subjectivité des données collectées reste problématique. Les auteurs ne précisent pas une méthode pour choisir les experts à impliquer dans le choix ni la pondération des

critères et indicateurs reliés au DD. Les auteurs n'ont pas assez détaillé les difficultés rencontrées durant leur étude.

Erzurumlu et Erzurumlu (2015) ont développé un outil pour évaluer le développement minier durable en plaçant la communauté minière au centre du processus lors de l'évaluation des impacts et des prises de décisions (outil 5). Sur la base d'une étude de cas réalisé dans une région minière en Amérique centrale, Erzurumlu et Erzurumlu (2015) ont constaté que l'implication des communautés dès le début d'un projet minier permettait d'augmenter les retombées socioéconomiques des minières. Cette approche se base sur deux méthodes que sont l'analyse multicritères et le *design thinking* qui combine la pensée intuitive et celle analytique. Le *design thinking* est utilisé pour générer les critères et les indicateurs sociaux et économiques sur lesquels se basera l'analyse multicritères. Le but de cette approche est de déterminer la meilleure alternative favorisant le succès du projet minier en impliquant la communauté. Le processus du *design thinking* se décline en trois étapes : l'inspiration, la génération des idées et l'implémentation. L'inspiration consiste principalement à identifier les contraintes de réalisation du projet, ainsi que l'analyse de la position de la communauté par rapport aux mines et leurs attentes. L'étape de la génération des idées consiste à essayer les idées émises par les parties prenantes pour l'amélioration des activités minières, selon une vision de DD. C'est à ce niveau aussi que se fait la sélection des indicateurs sociaux et économiques. L'implémentation représente l'étape de synthèse des résultats obtenus dans les étapes précédentes basés sur l'approche de surclassement. Par exemple, on y retrouve les alternatives prépondérantes pour les orientations du projet minier. L'avantage de cet outil se manifeste par son processus itératif permettant de mieux préciser les résultats obtenus. En effet, s'il y a une imprécision, l'idée sera ramenée à la première étape pour être détaillée davantage afin de suivre à nouveau le processus. Par contre, l'outil exige un changement de culture organisationnelle au sein de l'entreprise minière et un engagement total des parties prenantes pour garantir la réussite de son utilisation.

Craynon et al. (2016) ont utilisé une approche basée sur le système d'information géographique pour identifier les contraintes de DD en lien avec l'ouverture d'une mine (outil 6). Outre l'identification des faiblesses en matière de DD, le système

d'information géographique optimise simultanément les impacts sociaux, économiques et environnementaux. En effet, le processus itératif utilisé permet de maximiser les bénéfices d'un projet minier selon une vision de DD grâce à une cartographie des interactions entre les composants d'un projet minier. Par exemple, les experts peuvent s'intéresser aux risques reliés au choix d'une zone minière à fort potentiel et proche d'une communauté locale (source de conflit). L'étude de cas effectuée aux États-Unis a révélé l'efficacité de cet outil par l'amélioration de la communication entre les parties prenantes et une nouvelle planification de projets plus durables. Craynon et al. (2016) ont évalué l'indice de DD en analysant les potentiels conflits qui existent dans la zone d'opération d'une future mine. Après l'identification des facteurs de conflits par la cartographie, une comparaison par pair des facteurs a été réalisée afin de hiérarchiser les potentiels conflits grâce à la méthode AHP. Le site minier choisi au final doit assurer la viabilité économique du projet, mais aussi juguler l'effet négatif des activités minières sur la société et l'environnement. L'avantage majeur de cet outil est la facilité d'accès à l'information et sa flexibilité. De plus, la capacité à identifier les sources de problèmes est intéressante, par exemple cette cartographie permet d'identifier en même temps la zone où se situe la meilleure qualité de minerais et la densité des résidences à cet endroit grâce à une pondération accordée aux différents éléments en jeu. La principale faiblesse de cet outil est son approche réactive, car il est utilisé après le choix d'un site minier et la réalisation du projet minier.

Weldegiorgis et Ali (2016) ont utilisé le *Q-Sort Method* pour effectuer une évaluation des impacts socioéconomiques dans les localités éloignées des zones urbaines (outil 7). Cette approche appliquée au Rwanda avait pour objectif d'analyser quantitativement les indicateurs qualitatifs en lien avec l'impact d'un site minier. En utilisant l'analyse factorielle, les auteurs ont analysé les opinions, les perceptions et les préoccupations de plusieurs parties prenantes. Outre les activités conventionnelles du *Q-Method* (interview, analyse documentaire), le *Q-Sort Method* utilise les discussions avec des groupes ciblés et représentatifs pour mesurer l'importance accordée à un projet minier. Cette méthode se base sur un système de pondération lié à une échelle de jugement allant de « totalement d'accord » à « totalement en

désaccord ». L'utilisation de cet outil implique une intercorrélation des avis des différentes parties prenantes. Ce processus permet de présenter la perspective, la mieux partagée par les parties prenantes, concernant la réalisation de certains aspects d'un projet minier. L'outil peut cependant présenter des faiblesses liées aux difficultés de récupérer les bonnes informations lors des entrevues. L'autre source de biais lors de la collecte des informations est la qualité de la traduction de la langue locale vers la langue utilisée par les chercheurs.

En résumé, les outils présentés dans cette section ont permis de montrer que l'élaboration de modèle d'évaluation des impacts sociaux et économiques n'est pas une nouveauté. Cependant, l'efficacité de ces outils est remise en question pour plusieurs raisons. Parmi ces raisons, il y a le problème de généralisation des impacts identifiés. Sachant que le secteur minier est cyclique, les impacts sociaux et économiques notés varient en fonction des périodes favorables ou moins favorables aux exploitations de minerais. Ce constat implique qu'une évaluation des impacts doit s'étaler dans le temps afin d'obtenir une liste exhaustive des impacts potentiels dans une localité donnée. La maîtrise de la subjectivité dans les données collectées demeure une problématique malgré les efforts déployés. Comme l'ont précisé Petrov et al. (2013), plusieurs pratiques doivent être améliorées pour garantir l'efficacité des outils d'évaluation d'impact. Parmi ces pratiques, il y a l'inclusion des communautés locales dans la collecte et l'analyse des données avant le début d'exécution du projet et aussi dans les ajustements et suivis. Aussi, les communautés locales doivent être impliquées dans le choix des indicateurs sociaux et économiques utilisés dans les évaluations. Petrov et al. (2013) ont précisé qu'il ne suffit pas d'évaluer seulement des impacts et donner des orientations de développement minier durable. Outre ces orientations, il est important de proposer une méthode de suivi pour encadrer l'ajustement de la mine en fonction des impacts identifiés.

Les modèles théoriques d'évaluation des impacts sociaux et économiques identifiés présentent des lacunes qui influencent la fiabilité des indicateurs choisis (particulièrement pour les développements miniers dans les zones nordiques du Canada). Quant aux indicateurs, divers problèmes persistent encore. Ces problèmes sont généralement reliés à l'inadéquation entre les indicateurs choisis et les impacts à

évaluer. Le cas de la zone nordique permet d'illustrer ce phénomène. En effet, plusieurs indicateurs utilisés ne permettent pas un suivi des impacts lors de la réalisation des projets puisque la majorité de ces indicateurs est tirée d'autres zones géographiques différentes de la zone étudiée. Par exemple, les indicateurs issus d'un autre contexte ne reflètent pas l'économie locale, les sources de revenus, les activités reliées à la terre et à l'océan arctique, etc. En plus, l'aspect qualitatif de certains indicateurs empêche de mesurer fidèlement l'impact correspondant. Des efforts doivent être consentis pour la maîtrise de l'interaction entre les indicateurs quantitatifs et qualitatifs. Selon Petrov et al. (2013), le développement des modèles d'évaluation des impacts sociaux et économiques doit se baser sur une analyse multidisciplinaire permettant de cerner l'ensemble de ces impacts. Par exemple, séparer l'évaluation des impacts de la gestion des ressources atténue l'efficacité des décisions prises à l'égard de la responsabilité sociétale de l'entreprise. Petrov et al. (2013) suggèrent ainsi des modèles d'évaluation qui s'intègrent adéquatement dans le système de gestion de l'entreprise. Aussi, des indicateurs sociaux et économiques orientés exclusivement vers les communautés locales limitent l'envergure de l'évaluation. En effet, les activités minières exigent une interaction avec les parties prenantes dépassant la région minière à travers les transferts de connaissances, les exportations, etc. Cet aspect extra régional doit être pris en compte, car des paramètres exogènes influencent les impacts mesurés au niveau local. Le Tableau 1.4 résume l'analyse réalisée sur ces outils.

Tableau 1.4 Résumé des modèles d'évaluation d'impacts des activités minières

N°	Auteurs	Méthodes/approches utilisées	Pays	Avantages	Inconvénients
1	Su et al. (2010)	<i>Anaytical Hierarchy Process (AHP)</i> <i>Accelerated Genetic Algorithm (AGA)</i> <i>Fuzzy Integrated Judgement (FIJ)</i>	Chine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intégration de plusieurs méthodes</li> <li>• Précision sur la détermination des variables affectant le développement minier dans une ville donnée</li> <li>• Amélioration la précision du jugement des experts</li> <li>• Amélioration du ratio de cohérence de la méthode AHP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de critère pour choisir les experts participant à l'évaluation</li> <li>• Interférences entre les indicateurs sociaux et économiques non maîtrisés</li> </ul>
2	Yu et al. (2005)	Delphi <i>Fuzzy Integrated Judgement (FIJ)</i>	Chine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combinaison de différentes méthodes</li> <li>• Combinaison d'indicateurs de type quantitatif et qualitatif</li> <li>• Bonne maîtrise de la subjectivité</li> <li>• Présentation simultanée des résultats lorsque plusieurs dimensions et critères de DD sont considérés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interférences entre les indicateurs sociaux et économiques non maîtrisés</li> <li>• Absence d'une procédure de sélection des critères et indicateurs de DD.</li> </ul>
3	Mihai et al. (2015)	Méthode de la somme pondérée	Roumanie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amélioration la précision du jugement des experts</li> <li>• Facilité d'association des indicateurs quantitatifs et qualitatifs lors des pondérations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluation hypothétique</li> <li>• Critères et indicateurs prédictifs</li> <li>• Exige une grande population à considérer</li> </ul>

N°	Auteurs	Méthodes/approches utilisées	Pays	Avantages	Inconvénients
					<ul style="list-style-type: none"> <li>Exige une expertise de l'analyse multicritères pour garantir le succès de l'évaluation</li> </ul>
4	Kommadath et al. (2012)	FIJ Méthode Delphi	Inde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cadrage consensuel du concept de DD selon les spécificités de la mine en question</li> <li>Discernement entre activité durable et non durable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Subjectivité dans la définition des fonctions d'appartenance des critères et indicateurs</li> <li>Niveau d'expertise des répondants</li> </ul>
5	Poveda et Lipsett (2014)	Amélioration continue de la performance Méthode de la somme pondérée	Italie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Évaluation des impacts à chaque phase d'un projet minier</li> <li>Diversification des sources pour le recensement des critères et indicateurs</li> <li>Développement d'une stratégie pour améliorer le niveau de DD.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Processus complexe : plusieurs étapes à respecter et nécessite un guide d'utilisation</li> <li>Subjectivité non maîtrisée</li> </ul>
6	Erzurumlu et Erzurumlu (2015)	Approche du surclassement <i>Design Thinking</i>	Amérique centrale	<ul style="list-style-type: none"> <li>Approche centrée sur l'humain</li> <li>Processus itératif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exige un changement de culture organisationnelle au sein de l'entreprise minière</li> <li>Exige un engagement total des parties prenantes</li> </ul>
7	Craynon et al. (2016)	Système d'information géographique	ÉU	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maximisation les bénéfices nets présents dans un projet minier.</li> <li>Cartographie les interactions entre les composants du système</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Approche réactive, car agissent après le choix du site minier et l'élaboration du projet minier</li> </ul>

N°	Auteurs	Méthodes/approches utilisées	Pays	Avantages	Inconvénients
				<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse et interprétation spatiale des conflits en lien avec le DD</li> <li>Favorisation de l'acceptabilité sociale</li> <li>Prise en compte de la réglementation nationale et locale</li> </ul>	
8	Weldergiorgis et Ali (2016)	Analyse fonctionnelle Q-Methodology	Rwanda	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efficace dans l'évaluation rapide d'une situation en présence de plusieurs parties prenantes</li> <li>Meilleur résultat lorsqu'utilisée dans les processus participatifs</li> <li>Utilisation de technique de collecte de données simple stimulant la réflexion</li> <li>Détermine et définit les idées principales dans une vaste population considérée</li> <li>Approche mature utilisée dans plusieurs domaines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Risque de censure lié à la culture et à la hiérarchie dans la communauté minière</li> </ul>



La présente revue de la littérature a montré que le DD est un levier stratégique pour améliorer la viabilité du secteur minier sur le long terme. Se conformer aux principes de DD est une solution profitable pour ce secteur grâce aux avantages qui y sont présents. La revue a montré que la législation québécoise joue un rôle important pour la transition de l'industrie minière vers le DD. Bien que considérée comme l'une des plus attrayantes, cette juridiction minière peut être améliorée davantage.

La revue a aussi montré que les impacts sociaux et économiques du secteur minier québécois sont variés et sont influencés par plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs, il y a la législation minière en vigueur et l'acceptabilité sociale.

Le recensement des outils d'évaluations des impacts sociaux et économiques du secteur minier, selon une vision de DD, a dévoilé plusieurs faiblesses. En résumé, nous n'avons pu recenser qu'un seul outil d'évaluation des impacts socioéconomiques bien adapté au secteur minier québécois. Il a été également constaté que les outils basés sur une seule méthode d'évaluation sont moins efficaces par comparaison à des outils plus intégrés. Mis à part l'outil de Yu et al. (2005), que nous avons adapté dans cette présente recherche, les outils recensés ne proposent pas une solution efficace face à la subjectivité dans les évaluations.

## **CHAPITRE 2. PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE**

Ce chapitre présente la problématique de la recherche ainsi que les objectifs du projet de recherche. Premièrement, l'identification des éléments du problème permettra d'avoir une vision claire sur l'orientation du sujet. Deuxièmement, les problèmes identifiés permettront de soulever des questions pour mieux délimiter le travail de recherche. Troisièmement, la présentation de l'objectif de recherche déterminera les contributions que nous tenterons d'apporter à la résolution des problèmes identifiés.

### **2.1 Identification des éléments de la problématique**

La problématique s'articule autour de quatre éléments. Ces éléments sont les limites des méthodes d'évaluation d'impacts selon le DD (1), les problèmes d'utilisation des critères et indicateurs de DD (2), les contraintes législatives et normatives (3) et les conflits entre les promoteurs miniers et la communauté locale (4). La Figure 2.1 résume ces problèmes et les éléments qui les soutiennent.

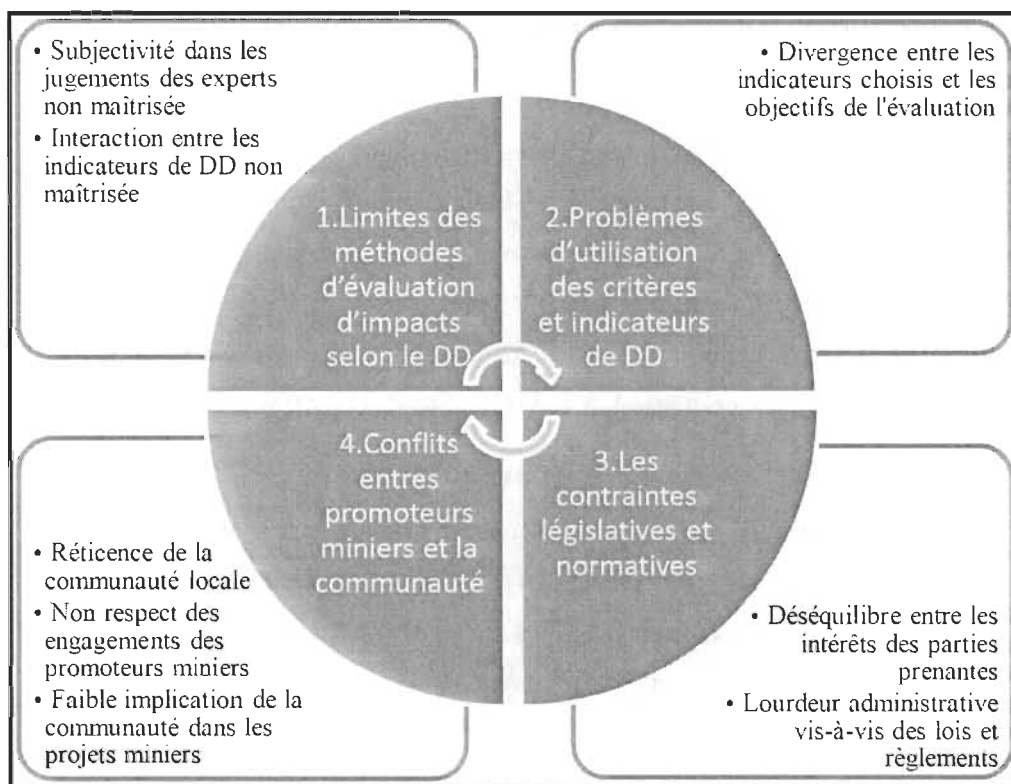


Figure 2.1 Éléments de la problématique

#### 2.1.1 Limites des modèles d'évaluation des impacts socioéconomiques

Le recensement des outils d'évaluation des impacts socioéconomiques des activités minières a révélé divers problèmes affectant la qualité des évaluations. Ces problèmes sont reliés à la subjectivité présente dans le jugement des parties prenantes ainsi qu'à la maîtrise de l'interaction entre les différents impacts. Un autre problème présent dans le développement de ces outils concerne leur opérationnalisation dans un contexte minier précis. Aussi, parmi les outils d'évaluation pertinents recensés, aucun n'est dédié aux sites miniers canadiens en particulier québécois. Cette absence vient justifier la nécessité de développer un modèle d'évaluation des impacts adapté aux sites miniers québécois afin de mieux cibler et traiter les lacunes reliées au DD propre à ce territoire.

### 2.1.2 Les problèmes d'utilisation des critères et indicateurs de DD

Le choix des critères et indicateurs de DD est une étape décisive dans l'évaluation des impacts sociaux et économiques d'un site minier. Cependant, le choix de ces indicateurs pose encore problème aux experts. Dans certains cas, les indicateurs pertinents retenus ne concordent pas avec les objectifs de l'évaluation d'impact. En général, cette discordance est notée entre les indicateurs de DD choisis et les impacts qu'ils reflètent. Cette discordance cause des biais dans l'évaluation. Il y a aussi le problème d'adéquation entre les indicateurs de DD sélectionnés et le contexte industriel. En effet, certains sites miniers se situent dans des zones particulièrement éloignées (ex. zone arctique) et les indicateurs de DD généralement utilisés dans le secteur minier peuvent ne pas refléter les impacts identifiés dans ces zones. Dans la pratique, différents classements des indicateurs de DD sont notés malgré l'existence des guides et référentiels en matière de DD qui facilitent l'organisation et l'utilisation des critères de DD dans l'industrie minière en général. Certains experts classent les indicateurs en fonction des dimensions de DD d'autres en fonction de la subdivision des activités minières ou encore en fonction du niveau de prise de décision (stratégique, tactique ou opérationnel). Une uniformisation dans le classement des indicateurs de DD dans le secteur minier facilitera la comparaison des résultats d'évaluation. Ainsi, un choix adéquat et une bonne catégorisation des critères et indicateurs de DD contribueront à la fiabilité du modèle proposé à travers la présentation d'une évaluation basée sur les critères et indicateurs de DD les plus crédibles.

### 2.1.3 Les contraintes législatives et normatives

Au Québec, la législation et les normes en DD sont de plus en plus exigeantes. L'industrie minière québécoise est régie par plus de 100 lois, règlements et normes amenant un encadrement serré de ses activités (l'AMC, 2016). Lors de l'application des lois, règlements et normes, l'équilibre entre les intérêts des promoteurs miniers et les résidents locaux est fréquemment non respecté (Amos et Audoin, 2009). Ce déséquilibre se manifeste aussi à travers les arbitrages en cas de litige entre les promoteurs miniers et autres parties prenantes. Face à ces critiques, un nouveau modèle d'évaluation des impacts socioéconomiques vient contribuer à la transition de

l'industrie minière québécoise vers le développement durable. En effet, la mise en application de ce modèle permettra de mieux identifier les faiblesses de l'industrie et ainsi améliorer les normes en vigueur.

#### 2.1.4 Conflits entre promoteurs miniers et communautés locales

La communauté locale est une partie prenante stratégique dans les évaluations d'impacts sociaux et économiques des activités minières. Cette position stratégique est confirmée par l'acceptabilité sociale des projets miniers qui est basée sur la qualité des relations entre les promoteurs miniers et la communauté locale (Jébrak et al., 2015). La revue de la littérature a permis d'identifier l'enjeu de la réticence des communautés locales face aux projets miniers. En contrepartie, les entreprises minières soutiennent que l'opposition publique affecte l'approbation de leurs projets (Wilson et Green, 2013). Les communautés locales manifestent leur volonté de contrôler leurs ressources naturelles. Malgré les efforts de l'industrie minière pour améliorer son interaction avec la communauté locale, il existe encore sur le terrain des pratiques déficientes reliées aux respects des engagements des promoteurs miniers à l'égard de la communauté locale (Jébrak et al., 2015). Ainsi le développement d'un nouveau modèle d'évaluation des impacts sociaux et économiques pourra résoudre une partie de ce problème en identifiant et évaluant les potentielles menaces menant à des relations conflictuelles. Ce travail se basera principalement sur l'implication de toutes les parties prenantes dans l'évaluation de ces impacts.

## 2.2 **Questions de recherche**

Les éléments de la problématique identifiés précédemment qui sont reliés aux contraintes législatives, aux conflits entre parties prenantes, à l'utilisation inadéquate des indicateurs de DD et à l'inefficacité des modèles d'évaluation soulèvent plusieurs questions de recherche. Ces questions sont en relation avec le DD des sites miniers.

- Quelle est l'approche la plus adaptée permettant de mesurer efficacement les impacts sociaux et économiques d'un site minier au Québec ?
- Quel sera le modèle de calcul (y compris le choix des critères et indicateurs) à développer et qui sera l'assise d'un futur outil opérationnel et fiable

d'évaluation des impacts sociaux et économiques pour un site minier au Québec ?

### **2.3 Objectifs de recherche**

À la lumière de la problématique et des questions de recherche, nous résumerons les objectifs de recherche comme suit:

- Déterminer les critères et indicateurs de DD pertinents pour les mines québécoises qui sont reliés à l'évaluation des impacts sociaux et économiques.
- Développer un modèle de calcul pour évaluer les impacts sociaux et économiques et permettant de remédier, en partie, aux problèmes reliés aux outils recensés dans la littérature.

### CHAPITRE 3. MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Ce chapitre présente la méthodologie adoptée pour atteindre les objectifs de recherche tout en précisant les liens entre les différentes parties du projet. En plus de détailler les étapes de la méthodologie, ce chapitre présente les éléments scientifiques et méthodologiques utilisés tout au long de ce travail.

#### 3.1 Étapes de la méthodologie

La méthodologie se décompose en trois étapes. Premièrement, une revue de la littérature a été réalisée afin de présenter l'état de l'art en lien avec le sujet du projet de recherche. Deuxièmement, une identification des critères et indicateurs de DD pertinents pour l'évaluation des impacts socioéconomiques dans un site minier du Québec sera exposée. La troisième et dernière partie sera consacrée à la structuration du modèle d'évaluation des impacts socioéconomiques proposé. Ces trois étapes sont présentées à la Figure 3.1.

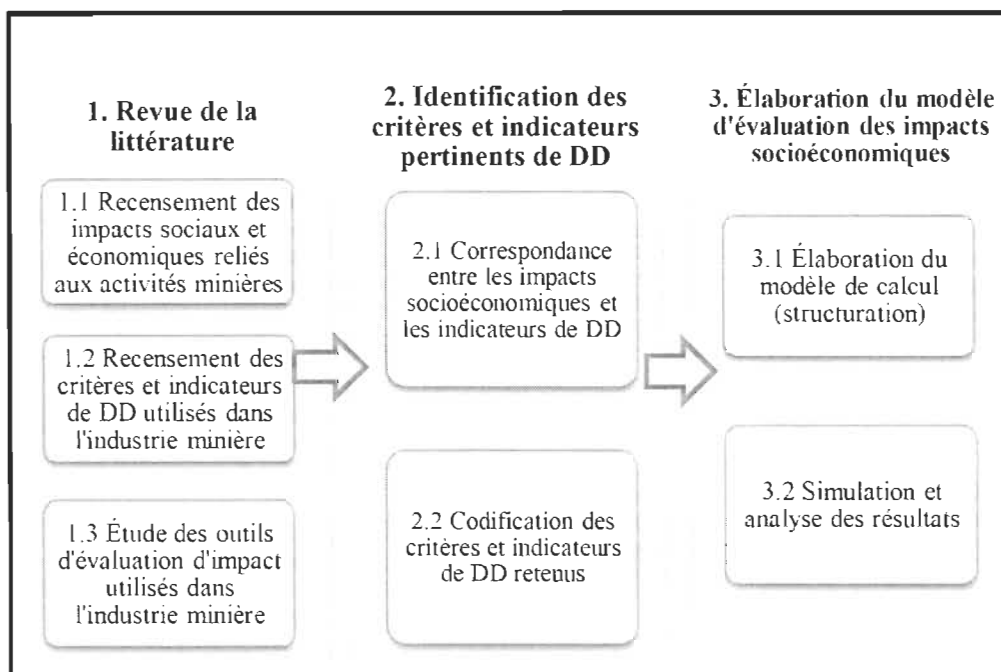


Figure 3.1 Étapes de la méthodologie de recherche

### 3.2 Revue de la littérature

Différents critères ont été établis pour garantir une recherche documentaire systématique. Ces critères concernent les bases de données consultées, les mots clés utilisés dans la recherche bibliographique, les types de documents consultés et les lieux de publication (voir page 30). Pour être inclus dans cette recherche, un document doit traiter du DD en lien avec un site minier en s'intéressant aux impacts des activités minières. Le document doit aussi aborder au moins une des questions de recherche retenues à la section 2.2. Les documents non publiés ont été considérés à l'exception des monographies. Les monographies ont été exclues parce que la majorité des travaux scientifiques présents dans ces ouvrages sont généralement publiés dans les revues scientifiques.

Le recensement et la synthèse des impacts sociaux et économiques a permis d'avoir une vision claire sur leur nature dans les mines québécoises. Le recensement est d'une grande importance puisque la fiabilité du modèle à élaborer dépend des impacts identifiés. Le recensement ainsi que l'analyse critique des modèles actuellement utilisés dans l'évaluation des impacts ont permis d'identifier les éléments qui affectent leur performance. Cette étude des modèles d'évaluation a été orientée sur ceux appliqués dans les sites miniers, durant les douze dernières années, soit de 2005 à 2017.

L'identification des critères et des indicateurs reliés aux différents impacts soulignés par les sites miniers québécois a permis d'avoir une vision globale sur les opportunités d'amélioration en matière de DD.

### 3.3 Identification des critères et indicateurs pertinents de DD

Ces critères et indicateurs doivent nous fournir des informations sur les performances reliées aux impacts sociaux et économiques identifiés. Les étapes menant à la détermination de ces critères et indicateurs de DD pertinent sont résumées à la Figure 3.2.



### 3.3.1 Relation entre les impacts socioéconomiques et les indicateurs de DD

Les impacts sociaux et économiques reliés aux activités minières sont multiples et spécifiques à chaque site minier. Face à cette réalité, le domaine d'étude a été circonscrit aux sites miniers du Québec. Cette délimitation du cas d'étude a permis de limiter le nombre d'impacts identifiés et les éléments reliés à l'évaluation de ces impacts. L'ensemble initial d'impacts sociaux et économiques a été identifié dans le chapitre de la revue et résumé au Tableau 1.1. Cet ensemble sera comparé aux critères et indicateurs de DD issus des articles scientifiques étudiés et des référentiels en DD. Cette comparaison permettra d'identifier les critères et indicateurs de DD pertinents qui sont reliés à ces impacts.

Dans l'industrie minière, à l'échelle internationale, plusieurs critères et indicateurs de DD existent. Après avoir étudié les critères et indicateurs de DD trouvés dans des guides et référentiels de DD (voir section 1.4), une confrontation avec les impacts sociaux et économiques identifiés est présentée (voir section 4.1). Cette confrontation vise à déterminer une famille de critères et d'indicateurs de DD pertinents correspondant aux impacts sociaux et économiques identifiés dans l'industrie minière québécoise.

### 3.3.2 Codification des critères et indicateurs retenus

La codification des critères et indicateurs permet d'organiser les données et de faciliter leur utilisation dans le modèle d'évaluation des impacts à développer. La Figure 3.2 résume les étapes de l'identification des critères et indicateurs de DD pertinents au contexte québécois.

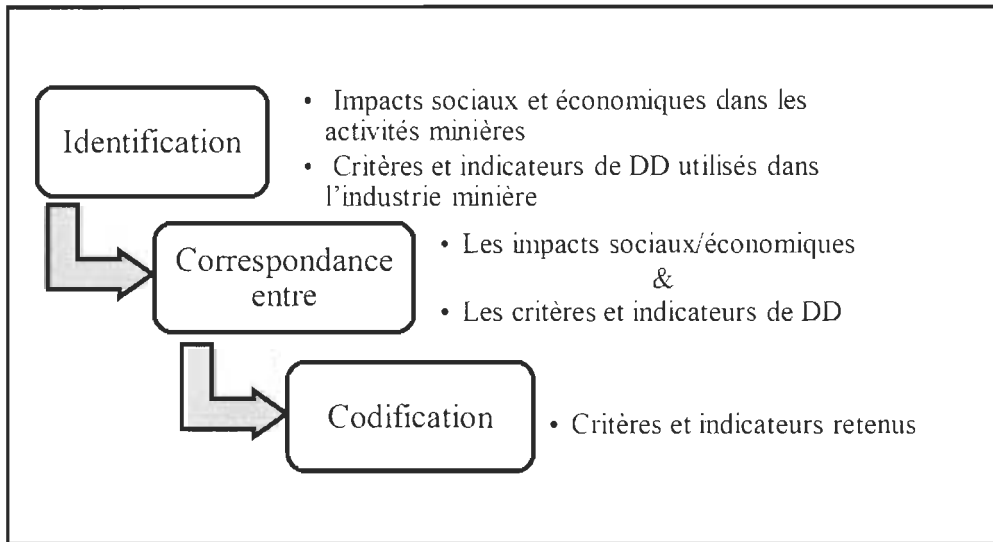


Figure 3.2 Identification des critères et indicateurs de DD (cas du Québec)

### 3.4 Structure du modèle d'évaluation des impacts

Il s'agit ici de détailler les différentes étapes de l'élaboration du modèle d'évaluation des impacts sociaux et économiques. Cette élaboration doit porter une attention particulière à la facilité d'utilisation du modèle ainsi qu'à sa fiabilité. Il est important de préciser que l'approche adoptée dans la méthodologie se base sur les travaux de Yu et al. (2005) pour les raisons expliquées au chapitre 1 (voir section 1.5). La Figure 3.3 présente la structure du modèle d'évaluation des impacts.

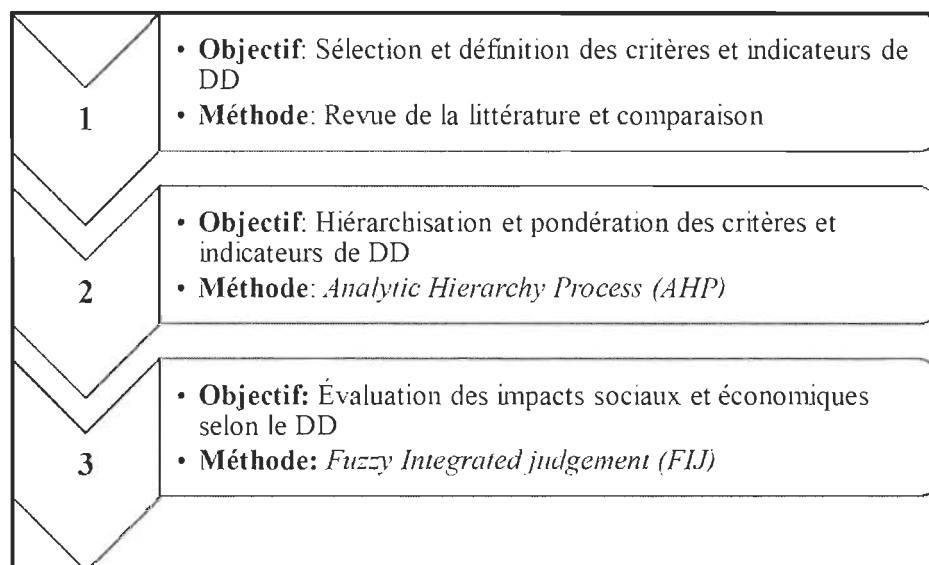


Figure 3.3 Structure du modèle d'évaluation des impacts

#### 3.4.1 Sélection et définition des critères et indicateurs de DD

La période d'évaluation des impacts est la dernière année considérée dans le rapport annuel de DD de l'entreprise minière. Cependant, pour certains indicateurs, les mesures ne sont pas nécessairement prises dans la dernière année, mais dans les périodes où elles étaient jugées significatives. Cet ajustement est effectué pour mieux comptabiliser l'effort de la mine en matière de DD, l'indicateur « investissement dans l'éducation » en est un exemple. En effet, avec ce type d'indicateur, des investissements peuvent avoir été fait à une période antérieure mais qui laisse des traces positives pour plusieurs années subséquentes. Rappelons que les indicateurs retenus évaluent les impacts sociaux et économiques, d'un site minier, vis-à-vis une communauté locale. Selon GRI (2015, p.248), la communauté locale représente :

« Personnes ou groupes de personnes vivant et/ou travaillant dans des zones économiquement, socialement ou écologiquement touchées (positivement ou négativement) par les activités de l'organisation. La communauté locale peut comprendre des personnes vivant à proximité des activités de l'organisation, de même que des localités isolées distantes de celles-ci et susceptibles d'en subir les conséquences. »

Les abréviations utilisées pour la codification des critères sont les suivants : CRT (critère), ECN (économique), SOC (social). Il est important de noter que la numérotation associée à ces abréviations ne traduit pas une priorisation entre les critères ou les indicateurs, mais plutôt une simple différenciation. En plus de résumer les critères et indicateurs de DD pertinents, le Tableau 3.1 présente la définition et les méthodes de calcul reliées aux indicateurs. Afin d'alléger ce dernier, la définition des critères est présentée dans l'Annexe 4.

Tableau 3.1 Synthèse des critères et indicateurs socioéconomiques pertinents

Dimension	Critère	Indicateur	Définition	Formule de calcul	Tiré de	Adaptée de
Économique	Retombées économiques (CRT 1)	Proportion d'investissements dans la communauté locale (ECN1)	Détermine le pourcentage des investissements de la mine affecté à la communauté locale	$\frac{\text{Investissement minier local}}{\text{Investissement minier total}} \times 100 \%$	Jerónimo Silvestre et al. (2015)	-
		Proportion d'emplois directs créés localement (ECN2)	Détermine la proportion des employés de la mine provenant de la communauté locale	$\frac{\text{Nombre de travailleurs locaux}}{\text{Nombre total de travailleurs}} \times 100 \%$		
		Proportion des redevances réinvesties dans la communauté (ECN3)	Détermine les redevances payées par la mine et réinvesties dans la communauté locale	$\frac{\text{Redevance réinvestie localement}}{\text{Redevances totales payées}} \times 100 \%$	Blais (2015)	-
	Présence sur le marché local (CRT2)	Existence de politiques favorisant les fournisseurs locaux (ECN4)	Décris les politiques et pratiques utilisées pour favoriser les fournisseurs locaux	Oui ou Non	GRI (2015)	-

Dimension	Critère	Indicateur	Définition	Formule de calcul	Tiré de	Adaptée de
		Proportion du budget d'achat réservée aux fournisseurs locaux (ECN5)	Indique le pourcentage du budget achat alloué aux fournisseurs locaux	$\frac{\text{Montant achats locaux}}{\text{Montant achats totaux}} \times 100 \%$	GRI (2015)	-
Sociale	Dialogue social (CRT3)	Niveau d'implication de la communauté locale (SOC1)	Montre l'implication communautaire dans l'évaluations des impacts et dans les programmes de développement local	% moyen de la population participant aux consultations publiques	-	Blangy et Deffner (2014)
		Protection de l'héritage culturel (SOC2)	Détermine l'existence d'une entente précisant le niveau de protection et les moyens mis en œuvre pour assurer cette protection	Distance moyenne entre la mine et les sites culturels de la communauté locale	-	O'Fairch eallaigh (2008)
		Proximité de la mine des zones de résidence (SOC3)	Précise la distance entre la mine et la communauté locale la plus proche	Distance entre la mine et la communauté la plus proche	Yates et al. (2016)	-

Dimension	Critère	Indicateur	Définition	Formule de calcul	Tiré de	Adaptée de
	Santé et sécurité des travailleurs locaux (CRT4)	Taux de fréquence d'accident (SOC4)	Indique le nombre d'événements indésirables produit sur une base temporelle de référence (200 000 heures de travail)	$\frac{\text{Nombre d'accidents}}{\text{Nombre d'heures travaillées}} \times 200000$	Duguay et al. (2012)	-
		Taux de gravité des accidents (SOC5)	Indique le nombre moyen de jours perdus par accident pour une période de temps donnée	$\frac{\text{Nombre de jours perdus}}{\text{Nombre d'accidents}} \times 1000$		
	Emploi local (CRT5)	Proportion des travailleurs de la communauté locale employés dans la mine (SOC6)	Mesure l'importance de la ressource humaine locale dans l'entreprise	$\frac{\text{Nb d'employés résidents locaux}}{\text{Nb de travailleurs locaux}} \times 100$	-	GRI (2015)

Dimension	Critère	Indicateur	Définition	Formule de calcul	Tiré de	Adaptée de
	Éthique des affaires (CRT6)	Existence de mécanisme de prise en charge des comportements non éthiques de la mine (SOC7)	Indique les mécanismes internes et externes utilisés pour faire part des réclamations relatives à des comportements non éthiques de la mine, tels que la déclaration à la hiérarchie, lignes téléphoniques de dénonciation	Oui ou Non	-	GRI (2015)
	Bien-être social (CRT7)	Nombre d'avis de non-conformité reçu par rapport au sautage et dynamitage par an (SOC8)	Détermine l'effort de la mine en ce qui concerne le respect du bien-être social des citoyens	Nombre d'avis de non-conformité par an	BAPE (2016)	-



Dimension	Critère	Indicateur	Définition	Formule de calcul	Tiré de	Adaptée de
		Taux de dépassement pour chaque substance identifié (SOC9)	Permet de faire le suivi de la pollution atmosphérique provenant des activités de la mine	$\frac{\text{Valeur mesurée}}{\text{Valeur de référence}} \times 100$ Valeur exprimée en µg/m3 d'air	-	MDDEL CC (2016)
		Moyenne annuelle de l'écart du niveau sonore réel par rapport à la norme (SOC10)	Montre l'effort de la mine dans la réduction du niveau sonore relié aux activités minières	dB mesuré – dB norme	Marnika et al. (2015)	-

Dimension	Critère	Indicateur	Définition	Formule de calcul	Tiré de	Adaptée de
	Éducation (CRT8)	Proportion de l'investissement minier dans le système éducatif depuis l'ouverture de la mine (SOC11)	Mesure l'engagement de la mine dans le système éducatif de la communauté locale depuis l'ouverture de la mine	$\frac{\text{Investissement (éducation)}}{\text{Investissement total (communauté)}} \times 100 \%$	-	Yu et al. (2005)

Il est important de souligner que certains indicateurs de DD relevés dans la littérature ne sont pas spécifiques aux sites miniers et manquent de précisions sur la manière dont l'impact est évalué. Ceci explique l'ajustement réalisé sur certaines des formules qui sont indiquées dans la colonne « Adaptée de » du Tableau 3.1. Par exemple, l'indicateur SOC2 illustre cette imprécision mesurée par la « Distance entre la mine et les communautés », mais quelle distance est la plus pertinente ? Est-ce que c'est la distance entre la mine et le lieu culturel le plus proche ou bien s'il s'agit de la distance moyenne entre la mine et tous les lieux culturels? Ceci étant dit, quel que soit l'indicateur utilisé, les utilisateurs devront s'assurer d'utiliser une définition consensuelle lors de l'évaluation.

### 3.4.2 Hiérarchisation et pondération des critères et indicateurs de DD

Les critères et indicateurs de DD utilisés, dans l'évaluation des impacts sociaux et économiques, peuvent avoir différents degrés d'importance selon les experts. Afin de considérer l'importance de chaque critère ou indicateur, une pondération de ces éléments est réalisée. Dans notre étude, l'AHP est utilisée pour effectuer cette pondération. Cette méthode, initialement proposée par Saaty (1980), est appliquée dans des contextes décisionnels variés. Par exemple, l'AHP est utilisée comme outil d'aide à la décision dans l'évaluation des performances des systèmes industriels ou dans l'évaluation des risques (Cherrared et al., 2011). Les étapes de AHP sont résumées dans les paragraphes suivants.

#### a. Décomposition du problème complexe en une structure hiérarchique

Dans notre cas, la décomposition du problème d'identification et de pondération des critères et indicateurs de DD pertinents est présentée sous forme d'une hiérarchisation structurée. La Figure 3.4 est une illustration de cette structure hiérarchique.

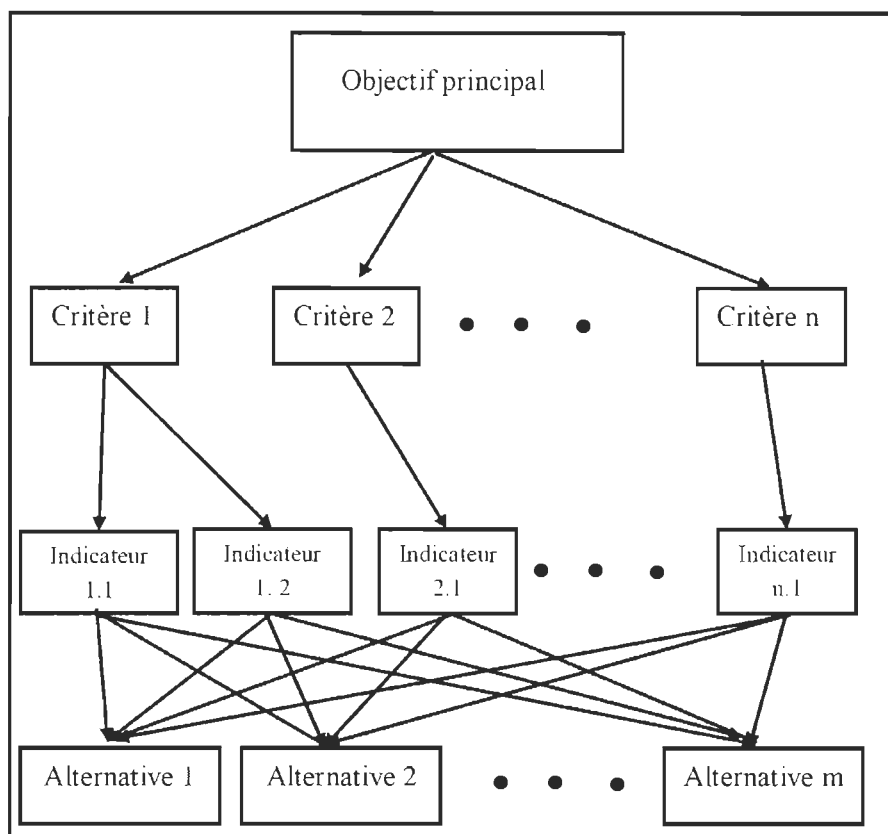


Figure 3.4 Structure hiérarchique selon AHP

Tiré de Saaty (1980)

Il est à noter que le dernier niveau hiérarchique (alternatives) n'est pas pris en compte dans cette étude pour des raisons précisées par la suite (section 3.4.2.e)

- b. Comparaison par paires des éléments d'un même niveau hiérarchique ayant le même parent hiérarchique

Pour établir des préférences entre les critères ou entre les indicateurs, l'échelle de Saaty (1980) à neuf points est utilisée. Cette échelle permet au décideur de comparer l'importance relative de tous les éléments d'un même niveau hiérarchique et possédant le même parent hiérarchique. Chacun de ces éléments est ainsi comparé par paires avec les éléments ayant le même parent hiérarchique.

c. Détermination des poids associés à chaque élément

Il s'agit de calculer le poids de chaque élément. Ce poids détermine l'influence relative d'un élément à l'intérieur de l'élément du niveau immédiatement supérieur auquel il est relié. Pour chaque groupe d'indicateurs rattaché à un critère, le vecteur des coefficients de pondération est déterminé.

d. Vérification de la cohérence des résultats

À cette dernière étape, la méthode AHP permet de déterminer un indice évaluant la cohérence des jugements des évaluateurs.

e. Évaluation des alternatives

À cette dernière étape, une priorisation des alternatives (par rapport à l'objectif global de l'étude) est réalisée pour aboutir à un choix éclairé. Cependant, cette dernière étape n'est pas considérée dans notre modèle. En effet, comme précisé dans les objectifs de recherche (section 2.3), on ne cherche pas à prioriser les résultats obtenus, mais plutôt de présenter le niveau de performance atteint par un site minier, selon les dimensions économiques et sociales de DD. Pour évaluer le niveau de performance (une fois la pondération réalisée avec AHP), la méthode FIJ est utilisée pour compléter le modèle. En plus d'être adaptée pour évaluer un site minier, selon les indicateurs pertinents, le FIJ présenté dans la section 3.4.3 est en mesure de diminuer considérablement la subjectivité présente dans les jugements des évaluateurs.

### 3.4.3 Évaluation des impacts sociaux et économiques selon le DD

Une grande variété de documents scientifiques s'intéressent à l'évaluation des impacts reliés au DD sans pour autant cerner la définition précise de ce concept (Kommadath et al., 2012). Le concept de DD est vague avec plusieurs définitions à son actif dépendamment des domaines d'utilisation. Jusqu'à présent il n'existe pas une définition consensuelle par rapport à ce concept. Cette ambiguïté du concept crée une certaine difficulté lorsqu'il s'agit d'évaluer les impacts des activités industrielles selon une vision de DD (Muñoz et al., 2008). Dans l'évaluation des impacts des activités minières, cette ambiguïté surgit quand il faut déterminer si un impact est positif ou négatif (dans le sens du DD). Prenons un indicateur de DD pour illustrer le problème.

soit l'indicateur *Respect de l'héritage culturel* qui appartient à la dimension sociale. Il est impossible d'analyser les impacts reliés à cet indicateur sans ambiguïté en se basant sur un système à deux valeurs logiques c.-à-d. impact durable ou non durable. En effet, les personnes affectées par le respect de l'héritage culturel répondent à cette question en fonction de l'importance qu'elles accordent à cet héritage et le modèle d'évaluation doit prendre en charge cette nuance présente dans les opinions. Pour atteindre cet objectif d'évaluation, le modèle en question doit maîtriser la subjectivité présente dans les opinions. Dans ces types d'analyses influencées par l'ambiguïté et la subjectivité, la théorie des ensembles flous représente une base solide pour l'élaboration d'un modèle d'évaluation. Cette théorie est formalisée en 1965 par L.A. Zadeh, professeur à l'Université de Californie. Le développement de cette théorie est motivé par le besoin d'effectuer des évaluations influencées par le jugement, le comportement et les émotions intrinsèques à l'humains. En effet cette théorie aide à établir un modèle permettant de juger si un impact relié aux activités minières contribue ou non au DD avec une maîtrise de la subjectivité présente dans les jugements. Un jugement est le résultat de l'évaluation d'un objet ou d'une situation. Dans notre cas il s'agit d'évaluer des jugements portés sur des impacts reliés aux activités minières. Un jugement est considéré comme flou (*fuzzy judgment*) s'il se base sur des informations vagues et imprécises. Le jugement d'un impact peut être affecté par une ou plusieurs variables clés (*focal-factors*). Dans notre cas, ces variables sont représentées par les critères et indicateurs de DD permettant d'évaluer leur ampleur. Par exemple, la perte de confiance envers les autorités locales peut être constatée dans une région minière. Cet impact peut s'accroître avec l'existence d'une corruption (variable clé) entre les promoteurs miniers et ces autorités locales. On parle de jugement flou intégré (FIJ) si le jugement dépend de plus d'une variable clé à considérer lors d'une évaluation (Zhao et al., 1996). Pour assurer une évaluation adéquate, la méthode FIJ est utilisée, car elle est bien adaptée pour évaluer les impacts sociaux et économiques identifiés. La méthode FIJ est une extension de la théorie des ensembles flous qui consiste à maximiser le degré d'appartenance d'un indicateur à un jugement. Dans notre cas, il s'agit de maximiser l'appartenance (ou non) d'un impact social ou économique aux principes de DD. Grâce à cette maximisation, le FIJ donne une décision intégrée sur un problème influencé par des variables dans un environnement flou (Yu et al., 2005).

Zimmermann (1986) s'est intéressé à l'application de la théorie de la logique floue en étudiant l'intégration des jugements linguistiques émis sur plusieurs facteurs dans le but d'obtenir un jugement optimal. Ses travaux ont engendré la méthode FIJ qui connaît plusieurs applications dans le milieu industriel (Zimmermann, 2010). Par exemple, Karsak et Dursun (2015) utilisent le FIJ pour déterminer les préférences des clients dans le développement des nouveaux produits vis-à-vis des contraintes de qualité et de caractéristiques techniques. À l'issue de leurs travaux, ils ont conclu que le FIJ permet d'optimiser l'élaboration de la maison qualité (diagramme définissant la relation entre les besoins des clients et les capacités des entreprises) en minimisant l'incertitude dans les jugements. Taylan et al. (2016) ont combiné l'AHP et le FIJ pour améliorer l'efficacité énergétique à travers le choix des compresseurs utilisés dans les installations industrielles. Büyüközkan et al. (2017) ont utilisé le FIJ pour élaborer un cadre d'évaluation multicritères déterminant le fournisseur de service d'identification par radiofréquence (RFID) le plus fiable. L'application de cette approche basée sur le FIJ a permis à Büyüközkan et al. (2017) d'éliminer directement des fournisseurs qui pourtant étaient éligibles avec la méthode d'analyse multicritères TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*). Zavadskas et al. (2017) ont utilisé le FIJ pour évaluer les décisions stratégiques des gestionnaires évoluant dans des environnements économiques flous. L'application du modèle de Zavadskas et al. (2017) ont montré que l'incertitude présente dans les jugements des parties prenantes est mieux maîtrisée et ces derniers se sentent plus confiants dans l'application des solutions retenues. En plus de la flexibilité et de la robustesse de cette approche, Zavadskas et al. (2017) ont précisé que le FIJ permet de présenter une vision approfondie du problème décisionnel suivi d'un choix de solution rationnel et éclairé.

Malgré son efficacité, le FIJ n'est pas très utilisé dans l'industrie minière lors des évaluations en lien avec le DD. Toutefois, certains travaux sont identifiés dans la littérature. Yu et al. (2005) ont déterminé grâce au FIJ le degré de coordination des facteurs de DD dans les villes minières chinoises. Kommadath et al. (2012) ont utilisé cette méthode pour modéliser un outil d'évaluation du degré de DD dans le secteur minier en Inde afin de déterminer la solution optimale pour les parties prenantes. Ce projet de recherche se présente comme une opportunité pour évaluer les impacts

sociaux et économiques dans un environnement flou (c.-à-d. le DD) avec une méthode appropriée (FIJ). Cette méthode admet plusieurs avantages, par exemple la possibilité de combiner des variables de types quantitatifs et qualitatifs (Munda et al., 1995). Elle permet aussi d'agréger des jugements en respectant l'objectif de l'évaluation (Zimmermann, 2010).

La modélisation présentée dans cette section s'inspire en grande partie des travaux de Yu et al. (2005). Leurs travaux ont porté sur l'évaluation du niveau de DD dans les villes minières en Chine. En utilisant la méthode FIJ, Yu et al. (2005) ont maximisé la fonction d'appartenance pour déterminer le degré de coordination des facteurs de DD d'une ville minière chinoise. La fonction d'appartenance détermine une graduation dans l'appartenance d'un impact aux principes de DD. Les travaux menés par Zadeh (1965) ont eu le mérite d'introduire la fonction d'appartenance pour sortir de la logique booléenne et permettre ainsi à un élément d'appartenir plus ou moins à un sous-ensemble. Dans ce projet de recherche, l'approche par maximisation permettra de déterminer le degré d'appartenance de chaque impact aux principes de DD. Les lignes suivantes présentent les étapes de cette méthode.

#### a. Construction des ensembles flous

Dans cette étape, il est question de construire deux types d'ensemble. Les ensembles de facteurs et l'ensemble de pondération correspondant à chaque ensemble de facteurs. Dans ce présent projet, les facteurs sont les dimensions (économique ou sociale), les critères ainsi que les indicateurs de DD. L'ensemble de pondération présente le degré d'importance accordé à chaque dimension, critère ou indicateur de DD pris en compte dans l'évaluation. Cet ensemble de pondération sera déterminé à partir des jugements des experts grâce à la méthode AHP présentée précédemment. Il faudrait préciser que le terme « expert » dans cette étude fait référence aux participants dans la détermination des poids critères et indicateurs avec AHP tandis que l'expression « parties prenantes » fait référence aux répondants lors de l'évaluation des impacts avec FIJ.

- Soit  $U$  un ensemble de facteurs d'un niveau  $X$  de la hiérarchisation par AHP, il se définit comme suit :



$$U = (u_1, u_2, \dots, u_n) \quad (3.1)$$

où  $u_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) est le  $i$ -ème facteur.

- Soit  $A$ , le vecteur des coefficients de pondération de l'ensemble de facteurs du niveau  $X$  avec

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (3.2)$$

Où  $a_i$  est le poids affecté au facteur  $u_i$  avec

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1 \quad (3.3)$$

- Soit

$$V = (v_1, v_2, \dots, v_p) \quad (3.4)$$

L'échelle d'évaluation (ou ensemble de jugement) utilisée pour évaluer les ensembles de facteurs pour chaque dimension du DD. Dans cette étude, l'échelle d'évaluation à 5 niveaux de YU et al. (2005) est utilisée pour effectuer les jugements. Le Tableau 3.2 présente cette échelle utilisée pour les évaluations en environnement flou.

Tableau 3.2 Échelle d'évaluation dans un environnement flou

Valeur linguistique
Très fort
Fort
Moyen
Faible
Très faible

#### b. Construction de la matrice de jugement flou

Un facteur de jugement unique est affecté au facteur  $u_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, n ; j=1, 2, \dots, m$ ),  $u_{ij}$  étant un élément de l'ensemble  $u_i$ , afin de déterminer son degré d'appartenance  $r_{ijk}$  au jugement  $v_k$  ( $k = 1, 2, \dots, p$ ). Ainsi on a  $r_{ijk} = (r_{ij1}, r_{ij2}, \dots, r_{ijp})$  ce qui donne la matrice de jugement pour l'ensemble de facteurs  $U$  considéré plus haut :

$$R_i = \begin{pmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \dots & r_{i1p} \\ r_{i21} & r_{i22} & \dots & r_{i2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{im1} & r_{im2} & \dots & r_{imp} \end{pmatrix} \quad (3.5)$$

c. Détermination des vecteurs de jugements flous intégrés

Il s'agit d'un vecteur issu de l'agrégation par pondération des jugements attribués aux facteurs du niveau suivant hiérarchique (critères ou indicateurs). Le résultat de cette agrégation représente l'évaluation des facteurs enregistrés à ce niveau. En considérant toujours l'ensemble de facteurs  $U$  du niveau  $X$  composé de  $n$  indicateurs, nommons  $B$  le vecteur de jugements flous intégrés du niveau  $X-1$ . Ce vecteur  $B$  représente l'évaluation de l'ensemble des facteurs enregistrés au niveau  $X-1$ .

$$B = (b_1, b_2, \dots, b_p) = A \times R = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_p \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \dots & r_{i1p} \\ r_{i21} & r_{i22} & \dots & r_{i2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{im1} & r_{im2} & \dots & r_{imp} \end{pmatrix} \quad (3.6)$$

Avec  $b_k$  représentant le degré d'appartenance d'un facteur du niveau  $X-1$  au jugement  $v_k$ . Après une normalisation du vecteur  $B$  (voir formule 3.5), on a  $\sum_{k=1}^p b_k = 1$ . Soit

$$b_k = \max (b_1, b_2, \dots, b_p) \quad (3.7)$$

le  $k$ -ième jugement  $v_k$  correspondant à  $b_k$  est le résultat final de l'évaluation du facteur correspondant. Ce même raisonnement est appliqué à tous les niveaux de la hiérarchisation obtenue avec AHP.

### 3.5 Simulation

Une fois le modèle d'évaluation des impacts sociaux et économiques élaboré, une simulation permettra de tester sa fiabilité en évaluant la portée des impacts positifs et négatifs identifiés dans un site minier québécois. L'outil Excel sera utilisé pour mettre en pratique le modèle d'évaluation des impacts. Sur la base de cette simulation, des recommandations pourront être données pour des améliorations futures.

## CHAPITRE 4. RÉSULTATS, DISCUSSIONS ET LIMITES

Ce chapitre présente l'application du modèle d'évaluation à travers une simulation tout en suivant les étapes de la méthodologie. Dans cette simulation, l'outil Excel sera utilisé pour mettre en pratique le modèle d'évaluation des impacts élaboré. Sur la base de cette simulation, une analyse de sensibilité permettra d'appréhender la sensibilité du modèle. La dernière étape de ce chapitre sera une discussion des résultats pour tirer des conclusions de l'étude, présenter les limites de ce projet de recherche et élaborer des recommandations pour des travaux futurs.

### 4.1 Simulation du modèle

#### 4.1.1 Définition et codification des critères et indicateurs de DD

La définition et la codification des critères et indicateurs ont déjà été réalisées au chapitre 3. Le Tableau 3.1 résume les critères et indicateurs pertinents retenus et leur méthode de calcul.

#### 4.1.2 Hierarchisation et pondération des critères et indicateurs de DD

##### a. Décomposition du problème complexe en une structure hiérarchique

L'objectif de cette simulation est de mettre en pratique le modèle d'évaluation des impacts sociaux et économiques présenté dans le chapitre précédent. Pour une meilleure compréhension du problème et des relations existantes entre les facteurs de DD identifiés, une hiérarchisation des éléments du problème est effectuée selon AHP. La Figure 4.1 présente la hiérarchisation des facteurs de DD (dimensions, critères et indicateurs) identifiés et définis plus haut.

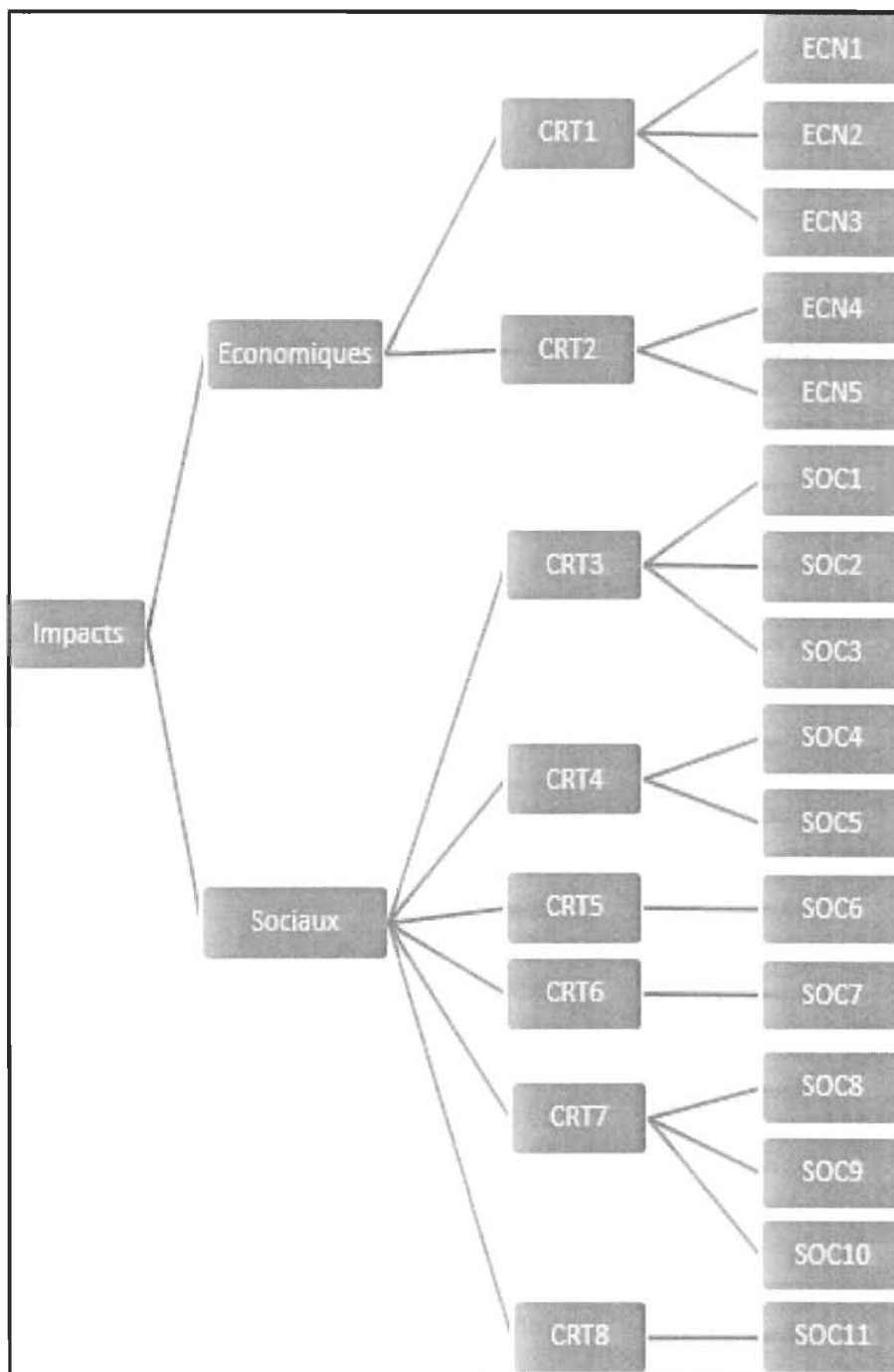


Figure 4.1 Hiérarchisation des critères et indicateurs pertinents, selon AHP

b. Comparaison par paires des éléments d'un même niveau hiérarchique

Tel que mentionné précédemment, l'échelle à neuf points de Saaty (1980), présentée au Tableau 4.1, est utilisée pour mener les comparaisons par paires afin d'obtenir le poids des critères et indicateurs selon AHP.

Tableau 4.1 Valeur numérique et correspondance linguistique

Degré d'importance de chaque caractéristique	Définition
1	Importance égale
3	Importance faible
5	Importance forte
7	Importance très forte
9	Importance extrême
2 – 4 – 6 – 8	Valeurs associées à des jugements intermédiaires

Le Tableau 4.2, extrait de l'Annexe 5, illustre un exemple de comparaison par paires effectuée par les experts fictifs en utilisant l'échelle de Saaty (1980). Ce dernier résume en effet les jugements des experts fictifs sur l'importance relative entre les critères.

Tableau 4.2 Comparaison par paires des critères

	Expert1	Expert2	Expert3	....	Expert10		Moyenne Géométrique
CRT1	2	2	2	....	2	CRT2	2,00
CRT1	2	2	2	....	2	CRT3	2,00
CRT1	1	1	1	....	1	CRT4	1,00
CRT1	2	2	2	....	2	CRT5	2,00
CRT1	2	2	2	....	2	CRT6	2,26
CRT1	1	1	2	....	1	CRT7	1,07
CRT1	6	6	6	....	4	CRT8	5,01
CRT2	2	2	2	....	2	CRT3	2,00
CRT2	3	3	3	....	3	CRT4	3,00
..	..	..	..	..	..	..	..
CRT7	1	1	1	....	1	CRT8	1,00

Les comparaisons par paires des indicateurs sont effectuées en suivant un raisonnement identique à celui de la comparaison par paires des critères. Les tableaux de pondération des indicateurs des trois premiers critères (selon AHP) sont présentés dans l'Annexe 6 ainsi que l'indice de cohérence (Annexe 7).

c. Détermination des poids des critères et indicateurs.

Lorsque plusieurs experts prennent part au processus, la moyenne géométrique est utilisée pour obtenir une valeur unique des évaluations de ces experts. Le « vecteur priorité » représente les poids des critères (ou indicateurs) obtenus suite à une normalisation des moyennes géométriques. Le Tableau 4.3, issu de la simulation, illustre la méthode de pondération des critères selon AHP. Les valeurs en italiques dans le Tableau 4.3 représentent l'inverse des valeurs au-dessus de la diagonale. Après normalisation, les poids (vecteur priorité) obtenus sont présentés au Tableau 4.4.

Tableau 4.3 Matrice de pondération des critères

Critères	CRT1	CRT2	CRT3	CRT4	CRT5	CRT6	CRT7	CRT8
<b>CRT1</b>	1,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,26	1,07	5,01
<b>CRT2</b>	0,50	1,00	2,00	3,00	1,12	2,00	4,00	3,00
<b>CRT3</b>	0,50	0,50	1,00	2,00	1,00	3,00	2,00	1,07
<b>CRT4</b>	1,00	0,33	0,50	1,00	3,00	2,00	1,07	1,00
<b>CRT5</b>	0,50	0,90	1,00	0,33	1,00	3,00	1,23	2,00
<b>CRT6</b>	0,44	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	1,00	1,00
<b>CRT7</b>	0,93	0,25	0,50	0,93	0,81	1,00	1,00	1,00
<b>CRT8</b>	0,20	0,33	0,93	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00
<b>Somme</b>	5,08	5,81	8,27	9,77	9,76	15,26	12,37	15,09





Après la détermination du vecteur priorité, l'indice de cohérence (*Consistency Index*, *CI*) est calculé pour vérifier la cohérence des comparaisons par paires effectuées. Selon (T. Saaty et Vargas, 2012), si  $CI \leq 0,1$ , l'évaluation avec AHP est considérée comme cohérente. Si l'indice de cohérence  $CI > 0,1$  il faudra réviser les jugements des experts et reprendre l'évaluation.

Pour calculer le poids des indicateurs, le même raisonnement que celui des critères est adopté. La particularité est que les vecteurs priorités sont obtenus pour chaque groupe d'indicateurs reliés au même critère (voir Figure 4.1). Le Tableau 4.5, tiré de la simulation du modèle d'évaluation représente la pondération des indicateurs associés aux critères « CRT1 » avec un  $CI = 0,1$  (Annexe 8 - 10).

Tableau 4.5 Pondération des indicateurs de CRT1

	ECN1	ECN2	ECN3	Somme	Vecteur Priorité
ECN1	0,35	0,31	0,44	1,11	0,37
ECN2	0,47	0,41	0,33	1,22	0,41
ECN3	0,18	0,28	0,22	0,67	0,22
Somme	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00

#### 4.1.3 Évaluation des impacts sociaux et économiques selon le DD

Une fois que les poids des critères et indicateurs sont obtenus, une évaluation des impacts du site minier vis-à-vis du DD peut être réalisée. Cette évaluation des impacts est réalisée par rapport aux critères et indicateurs comme précisés dans la méthodologie (chapitre 3). Pour ce faire, la méthode du FIJ est utilisée. Les sections suivantes résument les résultats obtenus à chaque étape de l'évaluation.

##### a. Construction des ensembles flous

Cette partie permet aux experts de juger le niveau de contribution de chaque indicateur au concept flou de DD. Pour permettre la prise en compte d'un grand nombre de participants, 10 parties prenantes sont considérés. Le Tableau 4.6 issu de la simulation illustre les jugements des parties prenantes vis-à-vis des indicateurs économiques de DD pertinents en se basant sur l'échelle de jugement (voir section 3.4.3).

Tableau 4.6 Jugements flous sur les indicateurs économiques

Parties prenantes	ECN1	ECN2	ECN3
1	Fort	Fort	Faible
2	Moyen	Moyen	Faible
3	Fort	Moyen	Faible
4	Faible	Fort	Moyen
5	Faible	Fort	Moyen
6	Moyen	Moyen	Faible
7	Moyen	Moyen	Moyen
8	Moyen	Moyen	Moyen
9	Faible	Moyen	Moyen
10	Moyen	Moyen	Moyen

## b. Construction de la matrice de jugement

Il s'agit de déterminer à chaque niveau de référence (Très fort, Fort, Moyen, Faible ou Très faible), la proportion des évaluateurs ayant choisi ce niveau pour l'indicateur en question. Le Tableau 4.7 résume les poids des trois indicateurs reliés aux critères CRT1. Par exemple, dans ce tableau, 20% (0,2) des évaluateurs jugent la performance du site minier selon le critère économique (ECN1) comme « Fort », 50% (0,5) comme « Moyen » et 30% (0,3) comme « Faible ».

Tableau 4.7 Poids des indicateurs selon les jugements flous des évaluateurs

Jugement	ECN1	ECN2	ECN3
Très fort	0	0	0
Fort	0,2	0,3	0
Moyen	0,5	0,7	0,6
Faible	0,3	0	0,4
Très faible	0	0	0

Le même raisonnement est adopté pour évaluer la performance de la mine sur chacun des indicateurs.

c. Détermination des vecteurs de jugements flous intégrés

Le produit matriciel entre les poids des indicateurs (calculés avec AHP) et la valeur des jugements flous (calculées avec FIJ) permet de mesurer le niveau de contribution du critère au DD. La Figure 4.2 présente le calcul de la valeur du jugement flou intégré du critère CRT1.

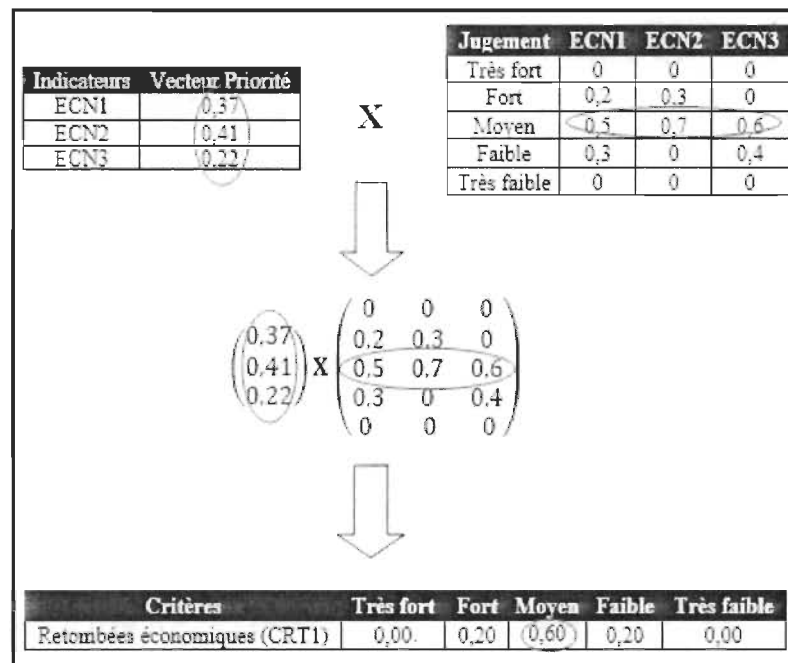


Figure 4.2 Détermination du jugement flou intégré par calcul matriciel

Le jugement flou intégré est déterminé pour chaque critère en suivant le processus de la Figure 4.2. Le Tableau 4.8 résume le résultat des jugements flous intégrés de tous les critères.

Tableau 4.8 Résumé des jugements flous intégrés reliés aux critères

Critères	Très fort	Fort	Moyen	Faible	Très faible
Retombées économiques (CRT1)	0,00	0,20	0,60	0,20	0,00
Présence sur le marché local (CRT2)	0,09	0,29	0,41	0,11	0,10
Dialogue social (CRT 3)	0,07	0,27	0,36	0,19	0,10
Santé et sécurité des travailleurs locaux (CRT4)	0,05	0,25	0,30	0,30	0,10
Emploi local (CRT5)	0,10	0,30	0,20	0,30	0,10
Éthique des affaires (CRT6)	0,10	0,30	0,40	0,10	0,10
Bien-être social (CRT7)	0,11	0,26	0,38	0,16	0,09
Éducation (CRT8)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Une fois que les valeurs des jugements flous intégrés sont obtenues, le niveau de contribution de chaque critère au DD est donné par une maximisation des degrés d'appartenance du site minier par rapport aux indicateurs de DD. Par exemple, en se basant sur le Tableau 4.8, soit  $\text{Max (CRT1)}$  la valeur maximale sur la ligne CRT1, on a  $\text{Max (CRT1)} = 0.60$ . Donc le degré de contribution au DD du site minier par rapport au critère CRT1 est « Moyen ». Le jugement flou intégré des dimensions économiques et sociales est obtenu avec la même procédure précédemment utilisée pour les critères. Cette dernière étape présente la performance du site minier sur les dimensions économiques et sociales de DD.

Cependant, il peut arriver qu'on obtienne la même valeur maximale pour deux (ou plus) niveaux de référence différents (exemple,  $\text{Max CRT4 (Moyen)} = \text{Max valeur (Faible)} = 0,30$  dans le Tableau 4.8). Dans ce cas, une réévaluation des indicateurs du critère en question sera effectuée en informant les évaluateurs de la compétition entre les deux niveaux de référence. Dans la littérature, cette éventualité n'est pas prise en compte lors de l'application du FIJ. Donc, il est important de préciser que cette forme de réévaluation est une nouvelle proposition pour pallier à ce problème. Les résultats obtenus avec la simulation réalisée sous Excel sont présentés graphiquement aux Figure 4.3 et Figure 4.4. Cette représentation graphique permet de visualiser simultanément l'effort de la mine (en matière de DD) par rapport à chaque critère (ou dimension) au DD.

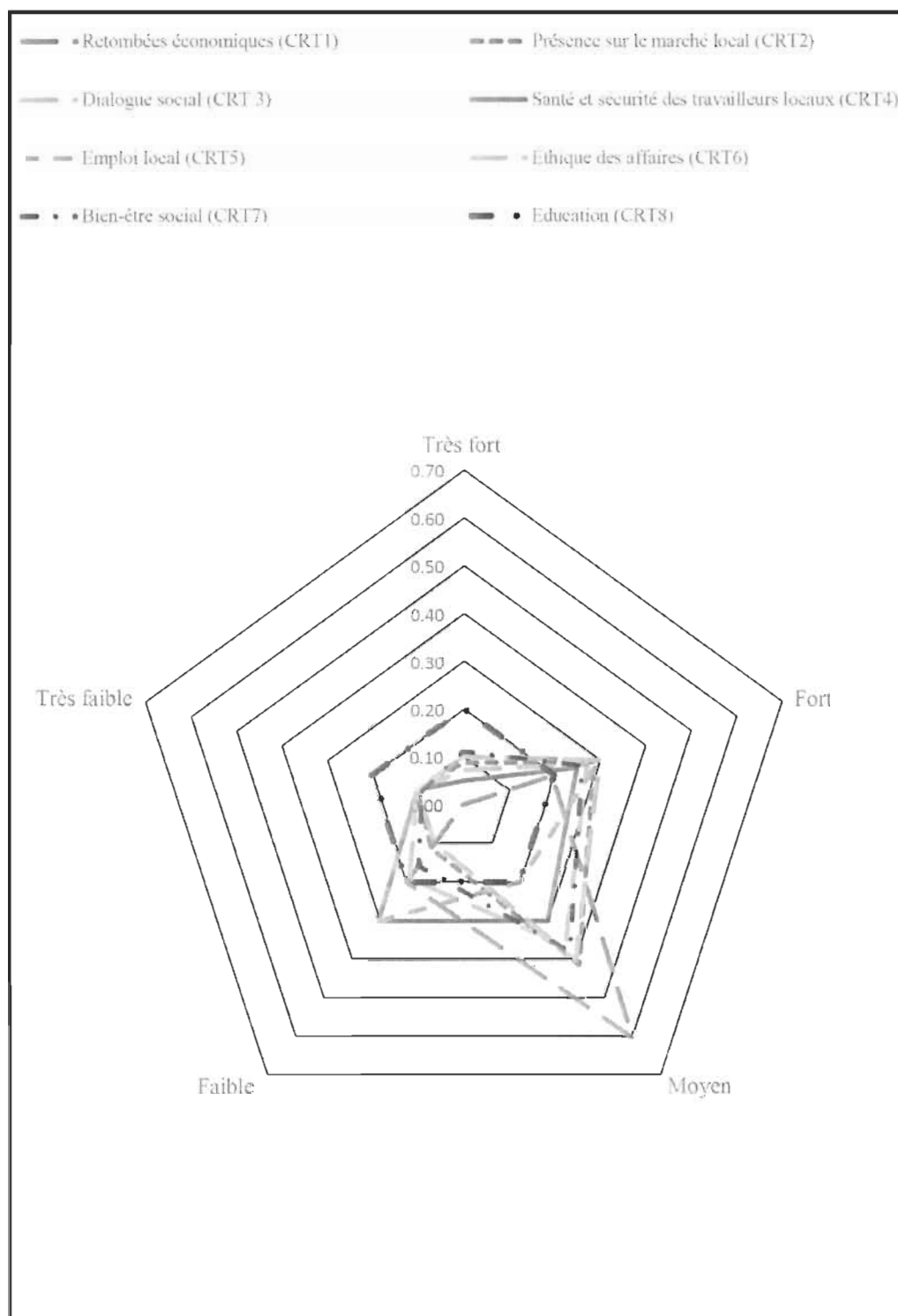


Figure 4.3 Niveau de performance par rapport aux critères de DD

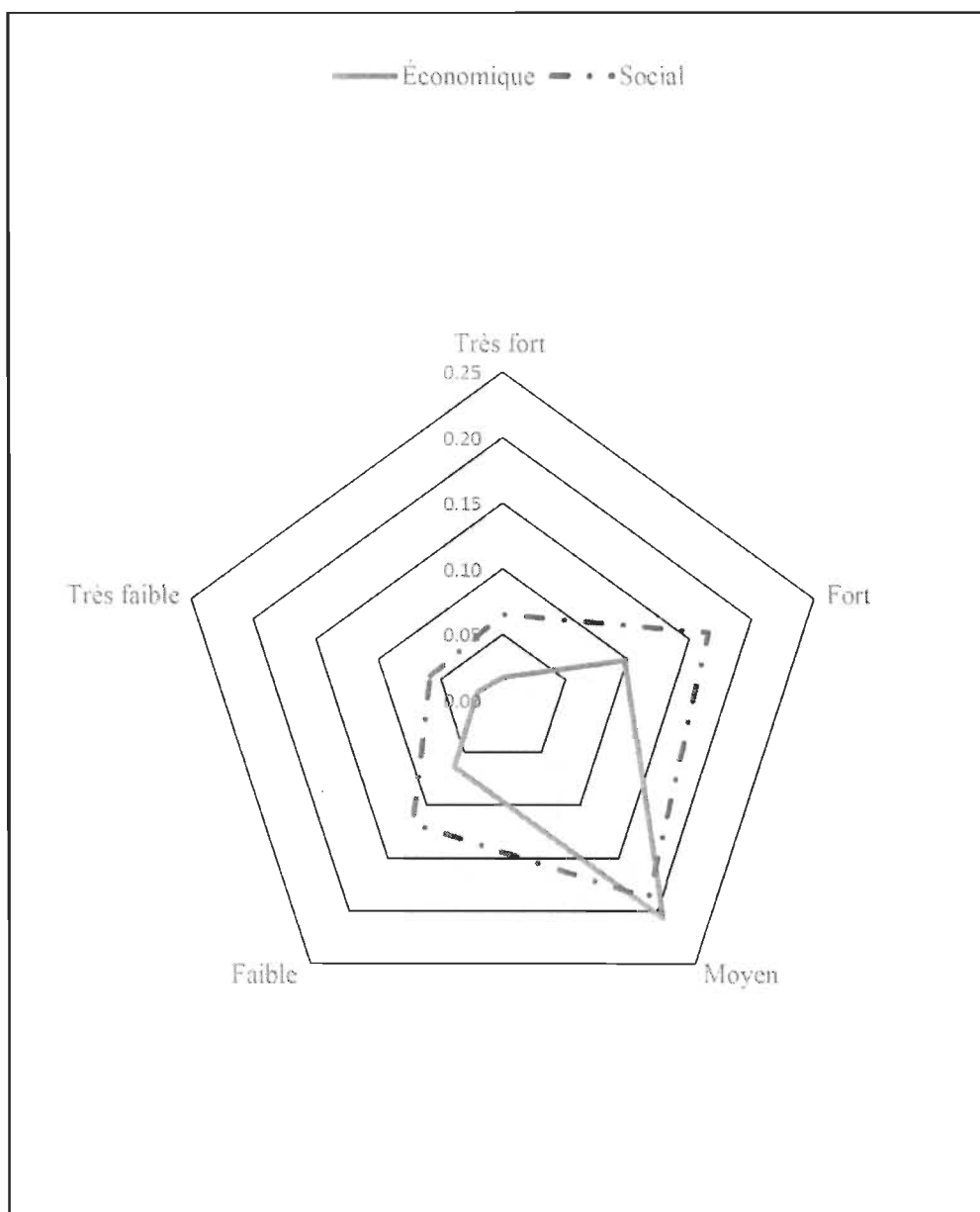


Figure 4.4 Niveau de performance atteint par rapport aux dimensions de DD

Après l'obtention des résultats, une analyse de sensibilité peut être réalisée afin de mieux appréhender l'incertitude associée au modèle. L'objectif est de montrer que le modèle permet de réaliser une analyse de sensibilité. Selon Jacques (2005, p.15), l'analyse de sensibilité consiste à :

« Déterminer, quantifier et analyser comment réagissent les sorties d'un modèle à des perturbations sur ses variables d'entrée. L'analyse de sensibilité informe sur la façon dont se répercutent les incertitudes d'entrée sur les variables de sortie. Comme ces informations sont utilisées pour prendre des décisions sur le phénomène étudié, il est important d'avoir à l'esprit que des incertitudes sont associées au modèle utilisé. »

Il faut préciser que l'objectif de cette analyse n'est pas d'expliquer les résultats obtenus vu qu'il s'agit d'une application théorique mais plutôt de démontrer que le modèle permet de réaliser une analyse de sensibilité. Dans cette étude, les variables d'entrées sont représentées par la performance du site minier sur les différents indicateurs de DD (ECN1, ECN2, etc.) et le niveau de performance atteint par rapport aux critères (ou dimensions) de DD représente la variable de sortie. L'analyse de sensibilité est proposée à deux niveaux c.-à-d. au niveau de la pondération avec AHP et au niveau des jugements avec FIJ.

Pour AHP, il s'agit de faire varier sensiblement les poids affectés aux indicateurs de DD pour voir l'influence sur les résultats. Pour simplifier la présentation des résultats, l'analyse est réalisée sur les trois premiers indicateurs économiques ECN1, ECN2 et ECN3. Pour chaque indicateur, une incrémentation (et décrémentation) progressive de 0.1 est effectuée jusqu'à constater un changement des résultats. L'analyse de sensibilité se base sur les valeurs du Tableau 4.5. Nous précisons que les variations des poids sont effectuées tout en maintenant le  $IC \leq 0,1$ . Le Tableau 4.9 résume les résultats obtenus (pour le critère CRT1).



Tableau 4.9 Résultats de l'analyse de sensibilité des poids des indicateurs

Indicateur	Poids initiaux	Après variation de la pondération	
	Moyen	Incrémentation	Décrémentation
ECN1	0,37	Moyen	Moyen
ECN2	0,41	Moyen	Moyen
ECN3	0,22	Moyen	Moyen

Dans le Tableau 4.9, on constate que quel que soit l'incrémentation (ou décrémentation) effectué sur chaque indicateur (en maintenant  $CR \leq 0,1$ ) le niveau de performance de la mine par rapport au critère CTR1 ne change pas. Le résultat obtenu (sur CRT1) est peu sensible au changement des jugements des experts lors de l'évaluation.

Pour l'analyse de sensibilité au niveau des jugements flous avec FIJ, il consiste à savoir pour chaque indicateur, quelle proportion des parties prenantes devraient changer leur avis pour que le niveau de performance de la mine par rapport à CRT1 passe de « Moyen » à « Fort » ou de « Moyen » à « Faible ». Chaque indicateur subit une variation par incrémentation (ou décrémentation) de 10%. La variation se poursuit jusqu'à ce que l'on constate un changement du niveau de performance sur le critère correspondant. Le Tableau 4.10 illustre le résultat obtenu lorsqu'on fait varier les jugements des parties prenantes pour faire passer CRT1 de « Moyen » à « Fort ».



Initialement, 20% des évaluations avait considéré que la mine contribue fortement au DD selon le critère CRT1 (voir Tableau 4.8). Selon le Tableau 4.10, 95 % des évaluateurs doivent porter un jugement « Fort » sur ECN1 pour que la performance de la mine passe de « Moyen » à « Fort » et 85 % dans le cas de ECN2. En revanche le résultat obtenu sur CRT1 est moins sensible aux variations du poids de ECN3. Cela peut s'expliquer par le poids attribué à ECN3 qui est faible devant celui de ECN1 et ECN2.

#### 4.2 Discussions des résultats

Les résultats obtenus dans ce projet de recherche édifient sur plusieurs éléments. Pour commencer, l'absence d'un ensemble de critères et indicateurs de DD dédiés à l'évaluation exhaustive des impacts d'un site minier au Québec est soulignée (voir section 2.1.2). Dans la littérature, des adaptations sont effectuées sur certains indicateurs sélectionnés, pour se rapprocher au mieux du contexte minier (Petrie et al., 2007). Cette approche utilisée dans certains travaux a eu pour effet d'évaluer des impacts qui ne reflètent pas (ou reflètent partiellement) les manquements d'un site minier, dans l'optique de DD (Petrie et al., 2007). En effet, les références classiques définissent les critères et indicateurs de manière systémique et ils demandent un ajustement lors de leur usage dans un secteur spécifique (GRI, 2015). Il a été aussi souligné que les indicateurs utilisés dans les évaluations ne sont pas proactifs dans le sens où ils ne permettent pas de prévenir les impacts d'un site minier (Poveda et Lipsett, 2014). L'analyse des outils d'évaluation des impacts a montré que les approches basées sur une seule méthode sont moins efficaces comparés à celles basées sur un modèle intégré (Petrie et al., 2007). Aussi, certaines approches sont réactives puisqu'elles agissent après le choix du site minier et l'élaboration du projet minier. C'est le cas des outils basés sur un système d'information géographique (Craynon et al., 2016). L'un des problèmes majeurs en lien avec les modèles utilisés dans les outils d'évaluation est la maîtrise de la subjectivité présente dans les jugements des parties prenantes sans parler de l'absence d'un processus de sélection des parties prenantes (Kommadath et al., 2012).

Les problèmes identifiés montrent que l'industrie minière québécoise a un réel besoin d'un ensemble de critères et d'indicateurs adapté à son contexte. Ces critères et

indicateurs devront être approuvés par le milieu académique et professionnel pour évaluer convenablement les impacts sociaux et économiques dans l'optique du DD. Malgré les efforts des acteurs de l'industrie minière dans l'évaluation des impacts socioéconomiques, selon une vision de DD, la littérature a montré qu'il n'existe pas un modèle d'évaluations des impacts socioéconomiques adapté à l'industrie minière du Québec. Ce modèle d'évaluation doit avoir comme défi majeur : la maîtrise de la subjectivité dans les jugements des parties prenantes et l'adaptation au contexte minier du Québec.

La confrontation entre impacts et indicateurs socioéconomiques, réalisée dans ce projet de recherche, a permis de déterminer des critères et indicateurs qui ciblent au mieux les faiblesses de l'industrie minière québécoise. Aussi, la sélection des critères et indicateurs à partir des études de cas est importante, car elle confirme l'aspect opérationnel des indicateurs choisis dans cette étude. En effet bien qu'il y ait eu une adaptation sur quelques indicateurs, ces derniers ont déjà été utilisés à l'origine dans une application (voir Tableau 3.1). Le processus d'identification des critères et indicateurs de DD adopté a permis de confirmer qu'il est insuffisant de se baser sur les cadres de références en DD (GRI, ISO 26000, etc.) pour proposer des critères et indicateurs de DD spécifiques aux sites miniers québécois. Basé sur deux méthodes (AHP et FIJ), le modèle élaboré tente d'améliorer la précision de l'évaluation sur deux niveaux. Premièrement une pondération des critères et indicateurs a été réalisée grâce à la méthode AHP ce qui permet de vérifier la cohérence des jugements des experts. Cette méthode a permis d'éviter des contraintes présentes dans d'autres méthodes. Par exemple un grand nombre de jugements des experts n'est pas nécessaire pour avoir une bonne pondération et il est possible avec AHP d'associer des indicateurs de différents types (quantitatif et qualitatif). Deuxièmement, le FIJ détermine le niveau de performance atteint par la mine par rapport aux critères et dimensions grâce à la maximisation des jugements des experts par rapport à l'échelle d'évaluation (c.-à-d. « Très faible », « Faible », etc.). Le modèle théorique proposé améliore le contrôle de la subjectivité présente dans les jugements des parties prenantes lors de l'évaluation. La cohérence des résultats obtenus (lors de la simulation) au niveau des indicateurs, des

critères et des dimensions a permis de confirmer le potentiel du modèle en ce qui concerne son utilisation.

Cette simulation a été l'occasion de démontrer que le modèle permet une analyse de sensibilité à deux niveaux. Premièrement, l'analyse de sensibilité avec AHP a permis de préciser l'effet de la variation des poids des indicateurs sur les résultats. Deuxièmement, l'analyse de sensibilité avec FIJ a permis de voir l'effet du changement d'opinion des parties prenantes sur la performance de la mine par rapport aux indicateurs de DD. Bien que l'analyse de sensibilité soit effectuée au niveau d'un critère (CRTI), il est important de préciser que cette analyse est aussi réalisable au niveau des dimensions. La représentation graphique de la performance de la mine sur les critères et les dimensions socioéconomiques est un aspect non négligeable. En effet, cette représentation permet aux décideurs d'avoir une vision globale sur la performance du site minier par rapport aux dimensions étudiées du DD. L'autre avantage est les comparatifs temporels qui permettent de voir l'amélioration de la mine au fil des ans dans le domaine du DD. La représentation graphique peut permettre aussi de comparer différents sites miniers par rapport aux critères de performance choisis.

#### **4.3 Limites de la recherche et travaux futurs**

Le modèle élaboré peut susciter l'intérêt pour son application mais il est important de préciser ses limites. Certains indicateurs considérés dans ce modèle ont subi des réajustements par rapport à leur méthode de calcul initiale. Le modèle n'inclut pas un processus préétabli pour identifier, de manière systématique, les experts pour la pondération des critères et indicateurs ni pour choisir les parties prenantes concernées par l'évaluation des impacts. Cet aspect est important car la prise en compte de l'avis de toutes les parties prenantes est nécessaire pour s'assurer d'identifier l'ensemble des impacts socioéconomiques reliés aux activités minières. Toujours par rapport aux indicateurs de DD, ceux utilisés dans le modèle sont plus réactifs que proactifs. En ce qui concerne les méthodes d'analyse utilisées, leur application n'est pas toujours évidente et peut nécessiter un spécialiste des méthodes d'analyse multicritères. Bien qu'on cherche à réduire la subjectivité, il faut noter que malgré l'utilisation de FIJ, la méthode AHP n'élimine pas complètement la subjectivité. Aussi, le FIJ ne prend pas en charge les relations existantes entre les différents indicateurs contrairement à

d'autre méthode d'analyse multicritères comme le *Analytic Network Process* (ANP). Une autre faiblesse du modèle est reliée à l'étape de la maximisation pour un critère donné. En effet, si deux niveaux de référence ont la même valeur numérique maximale (ex. « Moyen » et « Fort »), il serait opportun de trouver un moyen de départager les deux niveaux de référence en compétition au lieu de reprendre l'évaluation. Aussi le modèle peut être difficile à utiliser car les calculs se font manuellement (voir section 4.1).

Avec ces limites, plusieurs pistes de recherche sont identifiées. Il s'agira entre autres d'ajouter un ensemble de critères et indicateurs de DD proactif et adapté aux sites miniers du Québec. Ceci assurera une évaluation plus efficace des impacts socioéconomiques des sites miniers. Le modèle théorique développé dans ce projet de recherche peut être amélioré en tenant compte des relations existantes entre les critères et entre les différents indicateurs. En considérant les relations existantes, on diminuerait encore la subjectivité, car le modèle permettrait de mieux déceler l'existence de biais dans le jugement des parties prenantes lors de l'évaluation. Un processus de choix des parties prenantes participant à l'évaluation augmenterait la fiabilité du modèle, car on s'assurera d'avoir pris en compte tous les acteurs pour garantir une évaluation complète des impacts socioéconomiques. Le modèle pourrait jouer un rôle d'anticipation sur les impacts négatifs en se basant sur des critères et indicateurs proactifs. Ceci permettrait de mieux orienter les actions d'amélioration et faciliter l'acceptabilité sociale des projets miniers futurs. Aussi, la conception d'un outil d'évaluation d'impacts basé sur ce modèle est nécessaire afin de confirmer les avantages identifiés lors de la simulation. L'outil devra être simple et accessible à ceux qui ne sont pas experts dans l'évaluation des impacts socioéconomiques des sites miniers. Cet outil devra aussi s'appuyer sur un logiciel afin d'automatiser les calculs. L'étape de maximisation des jugements peut aussi être améliorée pour éviter que deux niveaux de référence aient la même valeur.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce projet de recherche avait pour objectifs principaux d'identifier des critères et indicateurs de DD mieux adaptés à l'évaluation des impacts socioéconomiques d'un site minier au Québec et de développer un modèle théorique d'évaluation de ces impacts. À l'issue de la revue de littérature, une liste de critères et indicateurs de DD a été proposée grâce à une confrontation entre les impacts socioéconomiques valables dans les sites miniers québécois et les critères et indicateurs de DD recensés. Par la suite, un modèle théorique d'évaluation des impacts socioéconomiques dans l'optique du DD basé sur des analyses multicritères a été développé.

Ce projet de recherche a été l'occasion de confirmer un réel besoin d'élaborer un ensemble de critères et indicateurs proactifs de DD pour anticiper sur les impacts socioéconomiques des sites miniers et des implantations futures. Grâce à la simulation réalisée, on a pu constater que le modèle proposé était en mesure de prendre en charge la subjectivité présente dans les jugements des parties prenantes qui se prononcent sur les impacts socioéconomiques reliés à un site minier. Cependant, pour atteindre l'efficacité dans l'utilisation du modèle, les limites précisées dans le document peuvent être améliorées dans les recherches futures. Il s'agit principalement d'intégrer dans le modèle un processus d'identification des parties prenantes pour mieux identifier les impacts. L'aspect proactif du modèle peut être aussi pris en compte dans les recherches futures, car il permettra de mieux anticiper les impacts négatifs reliés aux activités minières d'une manière générale.

## RÉFÉRENCES

- Amos, W., et Audoin, A. (2009). Réforme en profondeur de la loi sur les mines du Québec. Consulté le 28 novembre 2016, sur le site <http://www.quebecmeilleuremine.org/sites/default/files/RapportEcojustice&Coalition.pdf>
- Association minière du Québec (AMQ). (2016). Enquête mondiale annuelle de l'institut fraser sur le secteur minier: Le québec perd deux positions, rien pour rassurer l'association minière du québec. *Communiqué de presse*. Consulté le 20 juillet 2016, sur le site <http://www.amq-inc.com/actualites/posts/enquete-mondiale-annuelle-de-l-institut-fraser-sur-le-secteur-minier-le-quebec-perd-deux-positions-rien-pour-rassurer-l-association-mini-ere-du-quebec>
- Association minière du Québec (AMQ). (2016). Un suivi environnemental serré permet de limiter l'impact de l'activité minière. *Environnement*. Consulté le 15 juillet 2016, sur le site <http://www.amq-inc.com/pages/environnement>
- Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur minier (APSM). (2016). Évolution des heures travaillées, de la fréquence et de la gravité des accidents et des maladies. *Info Statistiques*. Consulté le 04 août 2016, sur le site <http://aspmine.qc.ca/info-statistiques/>
- Azam, S., et Li, Q. (2010). Tailings dam failures: a review of the last one hundred years. *Geotechnical News*, 28(4), 50-54.
- Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S., & Olsson, L. (2007). Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological economics*, 60(3), 498-508.
- Bureau d'audience publique sur l'environnement (BAPE). (2016). Projet d'agrandissement de la mine aurifère Canadian Malartic et de déviation de la route 117 à Malartic. *Rapport d'enquête et d'audience publique*. Consulté le 28 novembre 2016, sur le site <http://www.fil-information.gouv.qc.ca/Pages/Article.aspx?idArticle=2410136825>
- Belzile, J.-M. (2016). Mines en Abitibi-Témiscamingue : 35 millions \$ en redevances, aucun impôt payé en 2015. Consulté le 12 septembre 2016, sur le site <http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/802601/mines-abitibi-temiscamingue-impots-redevances-2015>
- Bergeron, K. M., Jébrak, M., Yates, S., Séguin, C., Lehmann, V., Le Meur, P. Y. et Gendron, C. (2015). L'acceptabilité sociale des projets miniers. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*. 15(3). Page 14.



- Biggs, M., Bruce, E., Boruff, B., Duncan, J. M., Horsley, J., Pauli, N., . . . Curnow, J. (2015). Sustainable development and the water–energy–food nexus: A perspective on livelihoods. *Environmental Science & Policy*, 54, 389-397.
- Blais, J. (2015). Les impacts sociaux de la mine Raglan auprès des communautés inuit de Salluit de Kangisqsujuaq. Consulté le 28 mai 2017, sur le site [https://www.chairededveloppementnord.ulaval.ca/sites/chairededveloppementnord.ulaval.ca/files/blais\\_j.\\_memoire.pdf](https://www.chairededveloppementnord.ulaval.ca/sites/chairededveloppementnord.ulaval.ca/files/blais_j._memoire.pdf)
- Blangy, S., et Deffner, A. (2014). Impacts du développement minier sur les hommes et les caribous à Qamani'tuaq au Nunavut: approche participative. *Études/Inuit/Studies*, 38(1-2), 239-265.
- Bureau de normalisation du Québec (BNQ). (2012). Développement durable-Guide d'application des principes dans la gestion des entreprises et des autres organisations. Québec. Consulté le 12 juin 2016, sur le site [https://www-secur.criq.qc.ca/bnq/documents/enquetes\\_publicques/9700-021\\_dpfr.pdf](https://www-secur.criq.qc.ca/bnq/documents/enquetes_publicques/9700-021_dpfr.pdf)
- Bossel, H. (1999). Indicators for sustainable development: theory, method, applications. *International institute for sustainable development*. Consulté le 12 juin 2017, sur le site <http://www.ulb.ac.be/ceese/STAFF/Tom/bossel.pdf>
- Brendan Marshall. (2015). Faits et Chiffres de l'Industrie Minière Canadienne. West Coast Editorial Associates Wet Frog Studios. Consulté le 15 novembre 2016, sur le site <http://minesqc.com/app/uploads/Faits-et-chiffres-2015.pdf>
- Burdge, R. J., Field, D. R., et Wells, S. R. (1988). Utilizing social history to identify impacts of resource development on isolated communities: The case of Skagway, Alaska. *Impact Assessment*, 6(2), 37-54.
- Büyüközkan, G., Karabulut, Y., et Arsenyan, J. (2017). RFID service provider selection: an integrated fuzzy MCDM approach. *Measurement*, 112, 88-98.
- Cadet, I. (2010). La norme ISO 26000 relative à la responsabilité sociétale: une nouvelle source d'usages internationaux. *Revue internationale de droit économique*, 24(4), 401-439.
- Caron, J., Durand, S., et Asselin, H. (2016). Principles and criteria of sustainable development for the mineral exploration industry. *Journal of Cleaner Production*, 119, 215-222.
- Cherrared, M., Zekiouk, T., et Chocat, B. (2011). Application de la méthode AHP pour l'évaluation de la performance des systèmes d'assainissement urbains. *Journal of Decision Systems*, 20(1), 103-127.

- Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines (CSMO). (2014). Le Stade Osisko deviendra un levier économique. Abitibi Express. Consulté le 15 août 2017 sur le site <http://exploreslesmines.com/fr/nouvelles/bons-coups/651-le-stade-osisko-deviendra-un-levier-économique.html>
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST), (2016). Assignment temporaire. *Santé et sécurité au travail*. Consulté le 05 mai 2018 sur le site <http://www.csst.qc.ca/travailleurs/assignment-temporaire/Pages/travailleur-assignment-temporaire.aspx?>
- Craynon, J. R., Sarver, E. A., Ripepi, N. S., et Karmis, M. E. (2016). A GIS-based methodology for identifying sustainability conflict areas in mine design—a case study from a surface coal mine in the USA. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 30(3), 197-208.
- Dansereau, S. (2012). Les minières ont un dream pour former les Autochtones. *Les affaires*. Consulté le 13 septembre 2012, sur le site <http://www.lesaffaires.com/archives/generale/les-minières-ont-un-dream-pour-former-les-autochtones/549801>
- Dumont, J.-L. (2015). Plus de 120 M\$ de redevances au gouvernement du Québec par l'industrie minière en 2014 *Informeaaffaires*. Consulté le 2 décembre 2015, sur le site <https://informeaaffaires.com/regional/mines/plus-de-120-m-de-redevances-au-gouvernement-du-quebec-par-lindustrie-miniére-en-2014>
- Duguay, P., Busque, M.-A., et Boucher, A. (2012). Indicateurs annuels de santé et de sécurité du travail pour le Québec. *Études et Recherche*. Consulté le 23 juin 2017, sur le site <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-725.pdf>
- Éco-conseil. (2012). L'industrie minière et le développement durable. (Document de travail), Université du Québec à Chicoutimi, Québec. Pages 5 et 7
- Environmental Law Alliance Worldwide (ELAW). (2010). Guide pour l'évaluation des EIE de projets miniers *1. Généralité sur l'exploitation minière et ses impacts*. États-Unis d'Amérique: Environmental Law Alliance Worldwide.
- Erzurumlu, S. S., et Erzurumlu, Y. O. (2015). Sustainable mining development with community using design thinking and multi-criteria decision analysis. *Resources Policy*, 46, 6-14.
- Falck, W. E., et Spangenberg, J. H. (2014, p. 194). Selection of social demand-based indicators: EO-based indicators for mining. *Journal of Cleaner Production*, 84, 193-203. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.021>

- Farrell, J., et Ali, M. (2013). Environmental Analysis of the Mining Industry in Canada. Consulté le 16 mars 2017 sur le site <http://www.cmic-ccim.org/wp-content/uploads/2013/07/HatchScopingReport.pdf>
- Fitzpatrick, P., Fonseca, A., et McAllister, M. L. (2011). From the Whitehorse Mining Initiative Towards Sustainable Mining: lessons learned. *Journal of Cleaner Production*, 19(4), 376-384. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.10.013>
- Frank, R. H. (2000). Why is cost-benefit analysis so controversial? *The Journal of Legal Studies*, 29(S2), 913-930.
- Franks, D. M., Davis, R., Bebbington, A. J., Ali, S. H., Kemp, D., et Scurrah, M. (2014). Conflict translates environmental and social risk into business costs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(21), 7576-7581. doi: 10.1073/pnas.1405135111
- Global Reporting Initiative (GRI). (2015). Lignes directrices pour le reporting développement durable. Consulté le 23 mars 2017, sur le site <https://www.globalreporting.org/resource/library/French-G4-Part-One.pdf>
- Gobin, C. (2007). Dialogue social. *Quaderni*, 63(1), 32-36.
- Gouvernement du Québec. Loi sur le développement durable . D-8.1.1. 38 à jour au 1er Sept. 2017, [Québec], Éditeur officiel du Québec, 2017. Consulté le 22 décembre 2017, sur le site <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/D-8.1.1>
- Gouvernement du Québec. Règlement sur la qualité de l'atmosphère, Q-2, r. 38 à jour au 1er Sept. 2017, [Québec], Éditeur officiel du Québec, 2017. Consulté le 18 octobre 2017, sur le site <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2.%20r.%2038>
- Govindan, K. (2015). Application of multi-criteria decision making/operations research techniques for sustainable management in mining and minerals. *Resources Policy*, 46, Part 1, 1-5. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2015.07.006>
- Griot, C., Sauvagnargues-Lesage, S., Dusserre, G. P. D., et Picheral, H. (2002). Vulnérabilité face aux risques liés au transport de matières dangereuses: Apports de deux méthodes multicritères d'aide à la décision. *Déchets, Sciences et Technique*(27), 35-46.

- Handal, L. (2011). Le soutien à l'industrie minière: quels bénéfices pour les contribuables? Consulté le 09 septembre 2016, sur le site <http://www.iris-recherche.qc.ca/wpcontent/uploads/2012/04/Etude-Mines-web.pdf>
- Initiative for responsible mining assurance (IRMA). (2017). Principe et objectifs. Consulté le 17 mars 2017, sur le site <http://www.responsiblemining.net/irma-standard/principles-and-objectives/>
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2015). Effets individuels et sociaux des changements liés à la reprise des activités minières à Malartic : période 2006-2013. Consulté le 22 mai 2017, sur le site [https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1959\\_Effets\\_Changements\\_Activites\\_Minieres\\_Malartic.pdf](https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1959_Effets_Changements_Activites_Minieres_Malartic.pdf)
- Institut de la statistique du Québec (ISQ). (2015). L'investissement minier au Québec en 2014. Mines en chiffres. Consulté le 12 février 2017, sur le site <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/mines/mines-chiffres-2015.pdf>
- Institut de la statistique du Québec (ISQ). (2016). Rémunération hebdomadaire et horaire des employés, régions administratives et ensemble du Québec, 2012-2016. Statistiques et publications. Consulté le 18 septembre 2016, sur le site [http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/comp\\_interreg/tableaux/tra\\_remuneration.htm](http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/comp_interreg/tableaux/tra_remuneration.htm)
- International Council of Mining and Metal (ICMM). (2016). Community development toolkit. Consulté le 24 juin 2017 sur le site <https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/4080.pdf>
- International Organization for Standardization (ISO). (2010). ISO 26000-Lignes directrices relatives à la responsabilité sociétale. Consulté le 16 décembre 2017 sur le site <https://www.iso.org/fr/standard/42546.html>
- Jackson, T., et Green, K. P. (2017). Le Québec monte au 6e rang du classement mondial des endroits les plus attrayants pour l'investissement minier. Consulté le 12 avril 2017, sur le site <https://www.fraserinstitute.org/fr/%C3%A9tudes/annual-survey-of-mining-companies-2016-fr>.
- Jacques, J. (2005). Contributions à l'analyse de sensibilité et à l'analyse discriminante généralisée. Consulté le 07 décembre 2017, sur le site <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00011169v2/document>.

- Jenkins, H. (2004). Corporate social responsibility and the mining industry: conflicts and constructs. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 11(1), 23-34.
- Jerónimo Silvestre, W., Antunes, P., Amaro, A., et Leal Filho, W. (2015). Assessment of corporate sustainability: study of hybrid relations using Hybrid Bottom Line model. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 22(4), 302-312.
- Karsak, E. E., et Dursun, M. (2015). An integrated fuzzy MCDM approach for supplier evaluation and selection. *Computers & Industrial Engineering*, 82, 82-93. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2015.01.019>
- Knotsch, C., Bradshaw, B., Okalik, M., et Peterson, K. (2010). Research and information needs concerning community health impacts and benefits from mining—A 2010 community visit report. Consulté le 28 janvier 2017, sur le site [https://ruor.uottawa.ca/bitstream/10393/30213/1/2011\\_Research-Needs-Mining-Community-Health.pdf](https://ruor.uottawa.ca/bitstream/10393/30213/1/2011_Research-Needs-Mining-Community-Health.pdf).
- Kommadath, B., Sarkar, R., & Rath, B. (2012). A fuzzy logic based approach to assess sustainable development of the mining and minerals sector. *Sustainable Development*, 20(6), 386-399.
- Larousse. (2017). Le grand larousse illustré. Consulté le 19 mai 2017, sur le site <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>
- Marnika, E., Christodoulou, E., et Xenidis, A. (2015). Sustainable development indicators for mining sites in protected areas: Tool development, ranking and scoring of potential environmental impacts and assessment of management scenarios. *Journal of Cleaner Production*, 101, 1-12.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2016). Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère, version 5, Québec, Direction des avis et des expertises. ISBN 978-2-550-77015-2 (PDF), 29 p. Consulte le 18 novembre 2017 sur le site. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/criteres/index.htm>
- Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles (MERN). (2014). Bilan de la stratégie minérale du Québec et des actions du gouvernement du Québec dans le secteur minier. Mines. Consulté le 9 février 2017, sur le site [https://www.mern.gouv.qc.ca/publications/mines/strategie/MS01-01-1409\\_Strategie\\_minerale.pdf](https://www.mern.gouv.qc.ca/publications/mines/strategie/MS01-01-1409_Strategie_minerale.pdf)

- Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles (MERN). (2016). Québec Mines 2016 – Le ministre Pierre Arcand accueille les acteurs du secteur minier québécois. Consulté le 18 février 2017, sur le site <https://mern.gouv.qc.ca/2016-11-21-quebec-mines-2016-ministre-pierre-arcand-accueille-acteurs-secteur-minier-quebecois/>
- Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP). (2011). Profil des retombées économiques des activités et des investissements du secteur minier au Québec. Ministère des forêts, de la faune et des parcs. Québec. Consulté le 23 août, 2016 sur le site <http://mern.gouv.qc.ca/publications/mines/statistiques/etude-impact-economique-secteur-minier.pdf>
- Mihai, A., Marincea, A., et Ekenberg, L. (2015). A MCDM Analysis of the Roşia Montană Gold Mining Project. *Sustainability*, 7(6), 7261-7288.
- Morgan, R. K. (2012). Environmental impact assessment: the state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 30(1), 5-14.
- Munda, G., Nijkamp, P., et Rietveld, P. (1995). Qualitative multicriteria methods for fuzzy evaluation problems: An illustration of economic-ecological evaluation. *European Journal of Operational Research*, 82(1), 79-97. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(93\)E0250-2](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(93)E0250-2)
- Muñoz, M. J., Rivera, J. M., et Moneva, J. M. (2008). Evaluating sustainability in organisations with a fuzzy logic approach. *Industrial Management & Data Systems*, 108(6), 829-841. doi: <https://doi.org/10.1108/02635570810884030>
- O'Faircheallaigh, C. (2008). Negotiating cultural heritage? Aboriginal-mining company agreements in Australia. *Development and Change*, 39(1), 25-51.
- P. Leblanc, H. Asselin, B. Bussière, I. Demers, A. Ependa, A. Gagnon, et Pelletier, L. (2012). Transformations et bouleversements d'un territoire: le cas de la municipalité de Malartic. Chaire Desjardins en développement des petites collectivités de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue. Rouyn-Noranda. Consulté le 28 janvier 2017, sur le site <https://depot.erudit.org/id/003725dd>
- Pawłowski, A. (2008). How many dimensions does sustainable development have? *Sustainable Development*, 16(2), 81-90.
- Petrie, J., Cohen, B., et Stewart, M. (2007). Decision support frameworks and metrics for sustainable development of minerals and metals. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 9(2), 133-145.

- Petrov, A., Cavin, P., et Heleniak, T. (2013). Measuring Impacts: A Review of Frameworks, Methodologies and Indicators for Assessing Socio-Economic Impacts of Resource Activity in the Arctic. Consulté le 19 février, 2017, sur le site [http://yukonresearch.yukoncollege.yk.ca/wp-content/uploads/sites/2/2013/09/Petrov-et-al\\_final-Gap-analysis-report.pdf](http://yukonresearch.yukoncollege.yk.ca/wp-content/uploads/sites/2/2013/09/Petrov-et-al_final-Gap-analysis-report.pdf)
- Porthin, M., Rosqvist, T., Perrels, A., et Molarius, R. (2013). Multi-criteria decision analysis in adaptation decision-making: a flood case study in Finland. *Regional environmental change*, 13(6), 1171-1180.
- Poveda, C. A., et Lipsett, M. G. (2014). The Wa-Pa-Su Project Sustainability Rating System: A Simulated Case Study of Implementation and Sustainability Assessment. *Environmental Management and Sustainable Development*, 3(1). doi: <http://dx.doi.org/10.5296/emsd.v3i1.4613>
- Québec meilleure mine (QMM). (2017). Malartic : des citoyens en colère dénoncent les conditions du décret gouvernemental autorisant l'agrandissement de la mine. Consulté le 3 avril 2017, sur le site <http://www.quebecmeilleuremine.org/communiqué/malartic-des-citoyens-en-col-re-d-noncent-les-conditions-du-d-cret-gouvernemental-autoris>
- Radio-Canada. (2013). Le 1<sup>er</sup> septembre 1998, le village minier de Joutel disparaissait. ICI-Radio-canada/Abitibi-Témiscamingue. Consulté le 11 mars 2017, sur le site <http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/620160/joutel-fantome-nord>
- Rodon, T., et Lévesque, F. (2015). Understanding the Social and Economic Impacts of Mining Development in Inuit Communities: Experiences with Past and Present Mines in Inuit Nunangat. *Northern Review*(41), 13.
- Saaty. (1980). The analytic hierarchy process: planning. Priority Setting. Resource Allocation, MacGraw-Hill, New York International Book Company, 287.
- Saaty, T., et Vargas, L. (2012). How to make a decision Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process (pp. 1-21): Springer.
- Schweitzer, P. (2014). Gap Analysis: Impacts of Resource Development on indigenous communities in Alaska and Greenland. *Resources and Sustainable Development in the Arctic*.
- Shields, A. (2014). Mines à ciel ouvert: des impacts négligés. *Le Devoir*. Consulté le 7 mai 2017, Sur le site <http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/421525/mines-a-ciel-ouvert-des-impacts-negliges>

- Singh, Murty, Gupta, et Dikshit. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15(1), 281-299. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007>
- Singh, Srinivas. M., et Naik, B. N. (2015). Forecasting the Impact of Surface Mining on Surrounding using Cloud Computing. *Journal of Computer Sciences and Applications*, 3(6), 118-122.
- Spangenberg, J. H., Pfahl, S., et Deller, K. (2002). Towards indicators for institutional sustainability: lessons from an analysis of Agenda 21. *Ecological Indicators*, 2(1-2), 61-77. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00050-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00050-X)
- Su, S., Yu, J., et Zhang, J. (2010). Measurements study on sustainability of China's mining cities. *Expert Systems with Applications*, 37(8), 6028-6035.
- Taylan, O., Kaya, D., et Demirbas. A. (2016). An integrated multi attribute decision model for energy efficiency processes in petrochemical industry applying fuzzy set theory. *Energy Conversion and Management*, 117, 501-512. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2016.03.048>
- Tonts, M., Plummer, P., et Lawrie, M. (2012). Socio-economic wellbeing in Australian mining towns: A comparative analysis. *Rural Studies*, 28, 288-301.
- Weldegiorgis, F. S., et Ali, S. H. (2016). Mineral resources and localised development: Q-methodology for rapid assessment of socioeconomic impacts in Rwanda. *Resources Policy*, 49, 1-11. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.03.006>
- Wilkinson, A., Hill, M., et Gollan, P. (2001). The sustainability debate. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(12), 1492-1502.
- Wilson, A., et Green, K. P. (2013). Quebec's mining policy performance: Greater uncertainty and lost advantage. Institut Fraser. Canada. Consulté le 5 juillet 2017, sur le site <https://www.fraserinstitute.org/studies/quebecs-mining-policy-performance-greater-uncertainty-and-lost-advantage>
- Yates, S., Bergeron, K.-M., Jébrak, M., Angers, P., Lehmann, V., Séguin, C., . . . Gendron, C. (2016). Indice du risque social: un outil pour mieux saisir les enjeux, risques et opportunités des projets miniers. *Éthique publique. Revue internationale d'éthique sociétale et gouvernementale*, 18(1).
- Yu, J., Yao, S., Chen, R., Zhu, K., et Yu, L. (2005). A quantitative integrated evaluation of sustainable development of mineral resources of a mining city: a case study of Huangshi, Eastern China. *Resources Policy*, 30(1), 7-19.



- Yuen, K. K. F. (2009). On Limitations of the Prioritization Methods in Analytic Hierarchy Process: A Study of Transportation Selection Problems. Paper presented at the Proceedings of the International Multiconference of Engineers and Computer Scientists. Vol.2
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Vilitienė, T., et Lepkova, N. (2017). Integrated group fuzzy multi-criteria model: Case of facilities management strategy selection. *Expert Systems with Applications*, 82, 317-331. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2017.03.072>
- Zhao, L., Peng, C.-S., et Cheng, S.-C. (1996). An application of fuzzy dynamic integrated judgment to cotton allocation. *Information Sciences*, 94(1), 277-290. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0020-0255\(96\)00123-5](http://dx.doi.org/10.1016/0020-0255(96)00123-5)
- Zimmermann, H. J. (1986). Multicriteria decision making in crisp and fuzzy environments. *Fuzzy Sets Theory and Applications*, 233-256.
- Zimmermann, H. J. (2010). Fuzzy set theory. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(3), 317-332.

## ANNEXES

### ANNEXE 1 : Indicateurs-relations avec les Autochtones et les collectivités

Indicateurs	Objectif
Identification des communautés d'intérêts	Démontrer que des efforts ont été déployés pour identifier les communautés d'intérêts, y compris les communautés et les organismes autochtones, qui sont ou semblent être touchées par les activités ou qui portent un véritable intérêt au rendement et aux activités d'une entreprise ou de ses installations.
Dialogue efficace avec les communautés d'intérêts	Démontrer que des processus ont été établis pour communiquer avec les communautés d'intérêts, y compris les communautés et les organismes autochtones, pour comprendre leurs points de vue, pour les informer de façon transparente des activités et du rendement de l'entreprise, pour engager le dialogue avec elles au sujet d'enjeux qui les touchent et encourager leur participation, et pour les inviter à contribuer à la recherche de solutions (mesures d'atténuation, de compensation ou autres).
Mécanisme d'intervention auprès des communautés d'intérêts	Démontrer qu'il existe des processus pour recevoir les plaintes et les préoccupations des communautés d'intérêts, y compris les communautés et les organismes autochtones, afin de s'assurer qu'elles sont comprises et que des mesures efficaces sont prises à leur égard.
Production de rapports	Démontrer que la production de rapports sur les activités de communication et de dialogue (y compris les activités avec les communautés et les organismes autochtones) est ouverte et transparente.

## ANNEXE 2 : Critères et indicateurs de DD selon IRMA

Principe	Critères
Respect de la législation et de la réglementation du pays d'accueil	Application de toutes les lois et réglementations du pays d'accueil en lien avec le secteur minier
	Preuve des efforts fournis pour s'accorder à la législation
	Incitation des partenaires à respecter les obligations du pays d'accueil
	Enregistrement et documentation prouvant le respect des obligations du pays d'accueil
Transparence sur les paiements et revenus	Publication des redevances payés au gouvernement
	Rapport annuel sur la performance de l'entreprise (sociale, économique, environnementale et institutionnelle) accessible par le public
	Accord entre le gouvernement et l'entreprise (sur les différentes phases d'une mine) accessible au public
	Mesure anticorruption : Existence d'une politique, de documents et une procédure empêchant les pratiques de corruption
	Obligation de déclarer et de consigner en interne tout avantage pécuniaire ou autre accordé aux fonctionnaires ou aux employés des partenaires commerciaux, directement ou par l'intermédiaire de tiers
	Formation des employés et partenaires concernés sur les politiques et procédures opérationnelles de l'entreprise
Travail équitable et conditions de travail	Existence d'une politique de ressources humaines en accord avec les exigences (dans ce domaine) de la législation nationale
	Respect du droit des travailleurs à la syndicalisation et à la négociation collective
	Accessibilité aux informations essentielles par les syndicats pour une négociation éclairée
	Neutralité des gestionnaires sur les efforts de syndicalisation ou d'organisation des travailleurs
	Informers le nouveau travailleur sur ses droits et obligations
	Existence de discrimination ou conséquences négatives auprès des travailleurs syndiqués
	Respect des accords conclus avec les syndicats des travailleurs
	Utilisation des contrats à courts termes ou mesures similaires par les gestionnaires afin de saper les efforts des syndicats

**ANNEXE 3 : Récapitulatif des critères et indicateurs selon l'ICMM**

<b>Principes</b>	<b>Critères</b>
Pratiques éthiques dans les affaires	Engagement de la direction sur des principes et pratiques éthiques
	Implémentation de politiques et pratiques visant à prévenir la corruption
	Respect et effort de dépassement de la réglementation du pays d'accueil
	Partenariat avec les parties prenantes dans l'élaboration de processus approprié et efficace facilitant la contribution du secteur minier dans le développement durable
Intégration des principes de développement durable dans les stratégies et prises de décision	Intégration des principes de développement durable dans les politiques de l'entreprise
	Déroulement des activités de la mine avec souci d'amélioration des principes de développement durable
	Innovation pour améliorer la performance socioéconomique avec renforcement des valeurs des parties prenantes
	Encouragement des partenaires à adopter les principes similaires à ceux de l'entreprise en développement durable
	Former les employés à tous les niveaux de l'entreprise et s'assurer de leur compétence en développement durable
	Soutenir les politiques et pratiques publiques favorisant l'ouverture et la compétitivité des marchés
Respect des droits et intérêts des travailleurs et communautés locaux	Rémunération et condition de travail équitables pour tous les travailleurs
	Engagement constructif des gestionnaires avec les travailleurs sur les questions d'intérêts mutuels
	Politiques et pratiques contre le harcèlement et la discrimination négatives dans toutes les activités
	Formation du personnel sur les questions culturelles et les droits humains
	Respect de l'héritage culturel de la communauté locale
Stratégie et système de gestion des risques	Consultation des parties intéressées et concernées pour identifier, évaluer et gérer les impacts sociaux, sanitaire, de sécurité et économiques liés aux activités de l'industries
	Mise à jour régulière du système de gestion des risques
	Informar les parties affectées par de potentiels risques et les mesures prises pour les gérer
	Développer, maintenir et tester la procédure d'urgence en collaboration avec les parties potentiellement affectées
	Système de gestion axé sur l'amélioration continue de la santé et de la sécurité des travailleurs et de la communauté locale

Principes	Critères
Amélioration continue des performances en SST (Objectif zéro accident)	Prendre les mesures pratiques et raisonnables pour éliminer les lésions professionnelles
	Donner aux travailleurs une formation en SST et inciter les travailleurs des partenaires à faire pareil
	Surveillance de la santé des travailleurs et suivi des risques
Amélioration continue de la performance sociale et contribution au développement économique, sociale et institutionnel du pays d'accueil	Engagement dès les premières étapes du projet minier avec les parties prenantes pour discuter et répondre aux questions et conflits concernant la gestion des impacts sociaux
	Système approprié mis en place pour une interaction continue avec les parties affectées
	Existence de moyens d'engagement équitables et culturellement approprié pour les groupes marginalisés
	Contribuer au développement de la communauté durant toute la vie de la mine en collaborant avec les membres de la communauté et leur représentant
	Encourager les partenariats avec les gouvernements et les ONG pour s'assurer que les programmes soient bien conçus et effectivement fournis
Engagement proactif, ouvert et transparent avec les parties prenantes sur les défis de DD / Effectuer un rapport de DD et vérifier indépendamment les progrès et les performances	Améliorer le développement socioéconomique en cherchant des occasions de lutter contre la pauvreté
	Rapport sur les performances sociaux, économiques et environnementaux et la contribution au DD
	Fournir des informations opportunes, précises et pertinentes
	Engagement avec les parties prenantes et répondre aux préoccupations en privilégiant la consultation ouverte

## ANNEXE 4 : Définition des critères de DD retenus

Critère	Définition
Retombée économique	Il s'intéresse aux impacts économiques directs des activités de l'organisation et de la valeur économique créée par celle-ci. Dans cette étude, ce critère regroupe les trois indicateurs suivants : « proportion des investissements miniers dans les communautés locales », « nombre d'emplois directs créés localement » et « réinvestissement des redevances dans la localité »
Présence sur le marché local	Il détermine le niveau d'interaction entre l'entreprise et les marchés locaux. Deux indicateurs permettent d'évaluer les impacts en fonction de ce critère : « Existence de politiques (ou pratiques courantes) favorisant les fournisseurs locaux » et « Proportion du budget achat réservée aux fournisseurs locaux ».
Dialogue social	Il désigne la procédure appartenant au dispositif organisationnel de l'entreprise qui intègre les partenaires sociaux dans les prises de décisions pouvant les impacter (Gobin, 2007). Ce critère comporte les indicateurs suivants : « Niveau d'implication de la communauté locale », « Respect de l'héritage culturel » et « Proximité de la mine des zones de résidence »
Santé et sécurité des travailleurs locaux	Il s'agit d'évaluer l'effort de l'entreprise minière pour garantir la santé et la sécurité des travailleurs locaux. Ce critère indique aussi le niveau de l'entreprise en ce qui concerne les lésions professionnelles impliquant les travailleurs locaux. Ce critère regroupe : « taux de fréquence combinée d'accident (perte de temps et assignation) » et « le taux de gravité des accidents »
Emploi local	Il détermine le niveau d'exposition de la communauté locale au choc économique. Les industries minières peuvent cesser leurs activités voir fermer un site minier, il est important de mesurer la résilience de la population dans ces circonstances et l'évitement d'une ville mono industrielle. L'indicateur utilisé est : « Proportion des travailleurs de la communauté locale employés dans la mine ».
Bien-être social	Il s'intéresse à l'impact du site minier sur le bien-être de la population. Ce critère ne tient pas compte de l'aspect économique (ex. « investissement minier dans la communauté locale » déjà considéré dans la performance économique). Les indicateurs sont : « Nombre d'avis de non-conformité reçu par rapport aux sautages et dynamitage par an », « Moyenne annuelle du taux de déposition de poussière dans les habitations locales exposées », « Moyenne annuelle de l'écart du niveau sonore réel par rapport à la norme » (Marnika et al., 2015).
Éducation	Il évalue l'effort de l'entreprise minière dans l'éducation de la communauté locale depuis l'ouverture de la mine. L'indicateur utilisé est : « Proportion de l'investissement minier dans le système éducatif (écoles) de la communauté locale ».

## ANNEXE 5 : Pondération des critères selon AHP

	Expert1	Expert2	Expert3	Expert4	Expert5	Expert6	Expert7	Expert8	Expert9	Expert10		Moyenne Géométrique
CRT1	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	CRT2	2,00
CRT1	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	CRT3	2,00
CRT1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	CRT4	1,00
CRT1	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	CRT5	2,00
CRT1	2,00	2,00	2,00	1,00	4,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	CRT6	2,26
CRT1	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	CRT7	1,07
CRT1	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00	CRT8	5,01
CRT2	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	CRT3	2,00
CRT2	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	CRT4	3,00
CRT2	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	CRT5	1,12
CRT2	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	CRT6	2,00
CRT2	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	CRT7	4,00
CRT2	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	CRT8	3,00
CRT3	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	CRT4	2,00
CRT3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	CRT5	1,00
CRT3	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	CRT6	3,00
CRT3	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	CRT7	2,00
CRT3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	CRT8	1,07
CRT4	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	CRT5	3,00
CRT4	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	CRT6	2,00
CRT4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	CRT7	1,07







## ANNEXE 8 : Pondération des indicateurs selon AHP

Indicateurs (CRT1)												
	Expert1	Expert2	Expert3	Expert4	Expert5	Expert6	Expert7	Expert8	Expert9	Expert10		Moyenne Géométrique
ECN1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	ECN2	0,75
ECN1	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	ECN3	2,00
ECN2	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	ECN3	1,50

## ANNEXE 9 : Poids des indicateurs après normalisation

	ECN1	ECN2	ECN3	Somme	Vecteur Priorité
<b>ECN1</b>	0,35	0,31	0,44	1,11	0,37
<b>ECN2</b>	0,47	0,41	0,33	1,22	0,41
<b>ECN3</b>	0,18	0,28	0,22	0,67	0,22
<b>Somme</b>	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00

## ANNEXES 10 : Détermination de l'indice de cohérence (IC) pour les indicateurs

	CRT1	CRT2	CRT3
Mesure de cohérence	3,22	2,96	4,42
IC	0,1		